

**Projecto Final**  
**Mestrado em Engenharia de Produção**

**APLICABILIDADE DAS CARTAS DE  
CONTROLO AO PROCESSO PRODUTIVO  
DOS FAROLINS**

**Autor: Miguel Rodrigues**

**Orientador: Professor António Ramos Pires**

**Escola Superior de Tecnologia de Setúbal 2012**

# Agradecimentos

Agradeço a todos os que contribuíram de uma forma ou de outra para a realização deste projecto, em especial à minha mãe Odete, ao meu pai Fernando, irmã Liliana e avó Domingas, além do sempre disponível e dedicado orientador Professor António Ramos Pires, e a todos os colaboradores e amigos da empresa *Autoeuropa* e *Hella* que me apoiaram e sem o qual a concretização do trabalho não teria sido possível.

# Resumo

O presente trabalho descreve o estudo da aplicabilidade do controlo estatístico com base nas cartas de controlo em peças compradas, focada em resultados numa empresa do segmento automóvel, a *Autoeuropa*. Neste trabalho realizou-se a aplicação do controlo estatístico através das cartas de controlo no processo produtivo dos farolins do modelo *Eos* na empresa *Hella* na Eslováquia, determinando o estado do processo e a capacidade de produção de acordo com as especificações. Pretendeu-se assim mostrar que com a aplicação do controlo estatístico é possível reduzir o número de peças não conformes produzidas, reduzindo com isso, o número de rejeições e todos os custos para o fornecedor e para o cliente que esse factor acarreta, garantindo o cumprimento dos níveis da qualidade exigidos pela VW assegurando a sustentabilidade e permanência no grupo de fornecedores da VW por parte do fornecedor *Hella*. A metodologia aplicada foram as cartas de controlo para valores individuais e amplitude móvel, baseada em duas amostragens em dois períodos de produção diferenciados, tendo sido feita a identificação e estudo de pontos de variação anormal, estudo da normalidade, cálculo dos índices de capacidade do processo e cálculo da percentagem de peças fora dos limites de especificação. Foram analisados os resultados e de uma forma clara concluiu-se que o processo de produção dos farolins era um processo instável e que não se apresentava num estado de *controlo estatístico*, tendo sido feita nova amostragem em produção otimizada na base dos resultados das cartas, de forma a obter-se a melhor resposta possível do processo e analisar as melhorias obtidas. Como resultado conseguiu mostrar-se as vantagens da aplicação do controlo estatístico ao processo produtivo dos farolins, com a obtenção de melhorias nos diferentes pontos de medição avaliados, bem como na melhoria da capacidade de produzir dentro das especificações, dando assim ao fornecedor um melhor controlo da sua produção, aumentando a sua sensibilidade e previsibilidade a variações no processo e capacidade de intervenção no mesmo, de forma a rectificar e corrigir desvios e tendências. O cliente por seu lado obteve nos seus indicadores internos melhorias e ganhos significativos com a melhoria da qualidade das peças compradas que asseguram melhorias também em indicadores externos como o exemplo das reclamações de campo, assegurando a sustentabilidade do seu cliente *Hella* e a sua permanência deste na cadeia de fornecedores VW.

**Palavras-chave:** Peças compradas, controlo estatístico do processo e especificação

# Abstract

This work describes the study of applicability of statistical control based on control charts, to the purchased parts, focused on results in a company car segment, the *Autoeuropa*. This work was carried out the statistical control application through control charts in the productive process control of *Eos* model tail lights, in *Hella* Company in Slovakia, determining the state of the process and production capacity in accordance with the specifications. Wanted to show that with the application of statistical control we can reduce the number of non-conforming parts produced, reducing the number of rejected parts and all costs for the supplier and the client that this factor carries ensuring compliance with the quality standards required by VW ensuring sustainability and permanence in the VW suppliers for the supplier *Hella*. The methodology applied were the control charts for individual values and moving range, based on two samples in two differentiated production periods, having been made the identification and study of abnormal variation points, study of normality, calculation of process capability indices and the percentage of parts out of specification. The results were examined and it was concluded that the production of the tail lights was an unstable process and was not in a state of statistical control, having been made new optimized production sample in the base of results of control charts in such a way as to obtain the best that the process can give and analyze the improvements obtained. As a result was able to prove the benefits of applying to statistical control of production process, tail lights with obtaining improvements in the various measuring points assessed, as well as the ability to produce within specifications, thereby giving the supplier a better control of their production, increasing their sensitivity and predictability to variations in process and ability to act in the way to rectify and correct deviations and trends. The client in turn obtained improvements and significant gains in the internal indicators with the improvement of the quality of purchased parts that ensure also improvements in external indicators such as field complains ensuring the sustainability of their supplier *Hella* and permanence in your supplier chain.

**Keywords:** buy parts, statistical control process and specification

# Índice

Agradecimentos .....	i
Resumo .....	ii
Abstract .....	iii
Índice .....	iv
Lista de Figuras .....	vii
Lista de Tabelas .....	viii
Lista de Siglas e Acrónimos .....	ix
Capítulo 1. Introdução .....	1
1.1. Enquadramento .....	1
1.1.1. A Volkswagen Autoeuropa. ....	2
1.1.2. A Indústria Automóvel no Mundo. ....	4
1.1.3. A Indústria Automóvel o antes e o agora. ....	4
1.1.4. O sector automóvel em Portugal. ....	5
1.1.5. O cluster automóvel em Portugal .....	7
1.2. Descrição do trabalho, problema .....	8
1.2.1. Natureza do problema .....	8
1.2.2. Apresentação do problema .....	9
1.2.3. Referências de montagem do farolim .....	10
1.2.4. Problemas da Qualidade e Rejeições .....	14
1.2.5. Auditoria ao produto (Audit) .....	17
1.3. Objectivos .....	24
1.3.1. Objectivos gerais .....	24
1.3.2. Objectivos específicos .....	24
1.4. Relevância do trabalho .....	25
Capítulo 2. Conceitos teóricos .....	29
2.1. Conceito de Qualidade .....	29
2.2. Variação do processo .....	31
2.2.1. Curva normal (Distribuição Gauss) .....	35
2.3. Estatística .....	35
2.3.1. Início do processo estatístico .....	36

2.3.2. Recolha da informação .....	36
2.3.3. Diagrama de pareto .....	37
2.3.4. Histogramas.....	38
2.3.5. Recolha de dados para Cartas de controlo.....	39
2.3.6. Medições .....	40
2.3.7. Repetibilidade e Reprodutibilidade .....	42
2.3.8. Capacidade de inspecção.....	43
2.4. Cartas de controlo .....	43
2.4.1. Definição das Cartas de controlo.....	43
2.4.2. Em que consistem as Cartas de controlo.....	44
2.4.3. Tipos de Cartas de controlo.....	46
2.4.4. Cartas de controlo de variáveis de valores individuais ( $n=1$ ).....	47
2.4.5. Cartas de controlo de média móvel.....	48
2.4.6. Pré requisitos para a implementação das Cartas de controlo. ....	49
2.4.7. Fases de elaboração Cartas de controlo.....	50
2.4.8. Situações mais comuns de variação anormal e fora de controlo. ....	54
2.5. Capacidade do processo e da inspecção .....	57
2.5.1. Indicadores de Capacidade de um processo .....	60
2.5.2. Índice de Capacidade do processo $C_p$ .. ....	60
2.5.3. Índice de Capacidade do processo $C_{pk}$ .. ....	62
Capítulo 3. Metodologia.....	67
3.1. Estudo experimental.....	67
3.2. Identificar pontos de variação anormal.. ....	70
3.2.1. Estudo explorativo sem os pontos de variação anormal .....	71
3.3. Estudo da normalidade .....	74
3.4. Cartas de controlo de valores individuais e amplitudes móveis.....	74
3.5. Cartas de controlo de valores individuais e amplitudes móveis, mas com valor central no valor nominal (zero) e limites utilizados pela VW .....	76
3.6. Estudo da Capacidade .....	76
3.7. Estudo da normalidade da segunda amostra .....	78
3.8. Cartas de controlo finais para valores individuais e amplitudes móveis da segunda amostra.....	78
3.9. Estudo da Capacidade segunda amostra.....	79
3.10. Percentagem de peças fora de especificação.....	80

<b>Capítulo 4. Discussão .....</b>	<b>85</b>
<b>Capítulo 5. Conclusões e Sugestões.....</b>	<b>91</b>
<b>Bibliografia .....</b>	<b>97</b>
<b>Anexo 1. Estudo experimental.....</b>	<b>A1-A9</b>
<b>Anexo 2. Identificação de pontos de variação anormal .....</b>	<b>B1</b>
<b>Estudo explorativo sem os pontos de variação anormal .....</b>	<b>B2-B10</b>
<b>Anexo 3. Estudo da normalidade .....</b>	<b>C1-C9</b>
<b>Anexo 4. Cartas de controlo de valores individuais e amplitudes móveis para as primeiras 30 amostras.....</b>	<b>D1-D17</b>
<b>Anexo 5. Cartas de controlo para valores individuais e amplitudes móveis com valor central no valor nominal (Zero) e limites utilizados pela VW para as primeiras 30 amostras .....</b>	<b>E1-E17</b>
<b>Anexo 6. Estudo da Capacidade.....</b>	<b>F1-F2</b>
<b>Anexo 7. Estudo da normalidade (segunda amostra) .....</b>	<b>G1-G9</b>
<b>Anexo 8. Cartas de controlo finais para valores individuais e amplitudes móveis para a segunda amostra.....</b>	<b>H1-H17</b>
<b>Anexo 9. Estudo da Capacidade (segunda amostra).....</b>	<b>I1</b>
<b>Anexo 10. Cálculo da percentagem de peças fora de especificação para os pontos de medição <i>flush</i> e <i>gap</i> (segunda amostra).....</b>	<b>J1</b>
<b>Anexo 11. Plano de acções .....</b>	<b>K1</b>
<b>Anexo 12. Tabela de distribuição normal padrão .....</b>	<b>L1</b>

# Lista de Figuras

<b>Figura 1</b> – Uma das máquinas de soldadura por fricção para a montagem do farolim.....	11
<b>Figura 2</b> – Imagem dos dois pinos de calibração numa peça.....	12
<b>Figura 3</b> – Esquema representativo do processo de montagem do farolim.....	13
<b>Figura 4</b> – Condição final do farolim montado num veículo <i>Eos</i> .....	13
<b>Figura 5</b> – Registo das rejeições internas ao fornecedor expressa em ppm's durante o período de Março de 2010 a Abril de 2011 .....	14
<b>Figura 6</b> – Registo dos pontos de demérito em <i>Audit</i> expressa em percentagem durante o período de Março 2010 a Abril de 2011 .....	19
<b>Figura 7</b> – Peças com influência na condição final do farolim .....	20
<b>Figura 8</b> – Registo dos diferentes problemas detectados em <i>Audit</i> entre os periodos de Março de 2010 a Abril de 2011 .....	20
<b>Figura 9</b> – Diagrama de pareto.....	38
<b>Figura 10</b> – Distribuição da frequência representada num histograma.....	39
<b>Figura 11</b> – Representação da forma geral das cartas de controlo de <i>Shewhart</i> .....	45
<b>Figura 12</b> – Exemplo de processo que evidência alteração de nível.....	55
<b>Figura 13</b> – Exemplo de processo que evidência existência de causas previsíveis .....	55
<b>Figura 14</b> – Exemplo de processo que evidência pontos próximos dos limites de controlo...	56
<b>Figura 15</b> – Exemplo de processo que evidência alteração de nível.....	56
<b>Figura 16</b> – Exemplo de processo que evidência aproximação da linha central.....	57
<b>Figura 17</b> – Exemplo de processo que evidência a presença de ciclos recorrentes .....	57
<b>Figura 18</b> – Representação gráfica de dois processos, com $Cp=1,33$ .....	61



# Lista de Tabelas

<b>Tabela 1</b> – Classificação das falhas e valores de demérito no <i>Audit</i> .....	18
<b>Tabela 2</b> – Frequência e pontos de demérito atribuídos ao farolim no <i>Audit</i> .....	22
<b>Tabela 3</b> – Exemplo da distribuição da frequência .....	37
<b>Tabela 4</b> – Tipos de cartas de controlo adaptado de <i>Audit</i> .....	47
<b>Tabela 5</b> – Interpretação dos valores de $C_p$ para avaliação do processo/equipamento.....	62
<b>Tabela 6</b> – Conclusões e acções a implementar segundo os valores de $C_p$ e $C_{pk}$ .....	63

# Lista de Siglas e Acrónimos

*ACAP*- Associação automóvel de Portugal

*ASTM*- American Society Tests Methods

*Audit*- auditoria de produto, critério de avaliação da qualidade de fabricação quanto aos aspectos estéticos e funcionais, padronizado para fins de comparabilidade entre os vários modelos de automóveis do fabricante em questão e suas várias unidades produtivas.

*Break down*- falha que impossibilita a mobilidade do veículo.

*CE*- Comunidade europeia.

*CEP*- Controlo Estatístico do Processo.

*Falha A*- falha em *Audit* correspondente a 25 pontos de demérito.

*Falha B*- falha em *Audit* correspondente a 20 pontos de demérito.

*Flush*- desfasamento em altura entre duas superfícies sólidas.

*Gap*- distância entre duas superfícies sólidas.

*LC*- linha central.

*LIC*- limite inferior de controlo.

*LSC*- limite superior de controlo.

*Pdm*- plano de montagem

*Pof*- ponto de montagem.

*Ppm*- peças por milhão.

# Capítulo 1

## Introdução

Neste capítulo será feita uma descrição da constituição do grupo VW e será apresentada uma visão geral do funcionamento do departamento de qualidade de peças compradas da VW Autoeuropa, bem como a relação com a sua cadeia de fornecedores. Será feita uma análise da indústria automóvel no Mundo e em Portugal revelando um pouco da história do sector no nosso país. É feita a apresentação do problema e dos indicadores de desempenho que o argumentam, é descrito o processo de produção do farolim e são apresentados os objectivos gerais e específicos do trabalho, bem como a sua relevância.

### 1.1-Enquadramento

O Grupo Volkswagen com base em Wolfsburg é proprietário além da Volkswagen, da Audi, Bentley, Bugatti, Lamborghini, Seat, Skoda, Aston Martin, Scania, Volkswagen Caminhões e a Porsche. Tendo a marca Volkswagen mais de setenta anos no Mundo do Mercado Automóvel, o Grupo apresenta-se hoje como uma das empresas Líderes Mundiais na produção de veículos automóveis, sendo a maior produtora de carros da Europa. O grupo assenta em 99 Unidades de Produção em 18 países na Europa e 9 em países dos continentes americano, asiático e africano, tendo cerca de 501 mil funcionários repartidos por todos eles e que resultam na produção de cerca de 34 mil veículos por dia e que são vendidos em 153 países.

Acedido em: 29, Março, 2012 em:

[http://www.volkswagenag.com/content/vwcorp/content/en/the\\_group/production\\_plants.html](http://www.volkswagenag.com/content/vwcorp/content/en/the_group/production_plants.html)

Como em praticamente toda a Indústria Automóvel, o Grupo Volkswagen utiliza a colaboração de empresas externas para a fabricação, produção e desenvolvimento de produtos comprados, para posterior aplicação nos seus próprios produtos. Como fornecedores do Grupo Volkswagen, existem inúmeras empresas que formam a cadeia de fornecedores de peças da VW e que para garantir a sua própria sustentabilidade necessitam de garantir uma qualidade ao nível e imagem da marca que fornecem, gerando entre si forte concorrência e sofrendo por parte do cliente grande pressão para garantir os níveis da qualidade exigidos. A

definição do nível da qualidade, o alcance da mesma, bem como o seu controlo e de todos os efeitos que acarretam a sua obtenção, são factores que devem ser especificados e bem definidos de forma que a gestão da qualidade dos produtos tenha um sentido e um objectivo comum por parte do fornecedor e cliente, sendo este o contexto em que este trabalho se enquadra.

### **1.1.1- A Volkswagen Autoeuropa**

A Volkswagen Autoeuropa é uma das fábricas de produção automóvel do grupo alemão Volkswagen.

A fábrica da Volkswagen Autoeuropa está inserida na região de Palmela e representa o maior investimento estrangeiro até hoje feito em Portugal, tendo um impacto muito positivo na economia portuguesa, sobretudo ao nível das exportações.

Em 1991, a Volkswagen e a Ford constituíram uma *joint-venture* e as responsabilidades do programa foram divididas: a Volkswagen liderou o desenvolvimento do veículo e a Ford o planeamento das instalações fabris e o aprovisionamento. O valor global do investimento inicial realizado no projecto foi de 1.970 milhões de euros, montante que incluiu o desenvolvimento dos 3 modelos iniciais baseados num monovolume *MPV (multi purpose vehicle)* de três marcas diferentes: o Volkswagen Sharan, o SEAT Alhambra e o Ford Galaxy.

Ao longo de quatro anos construiu-se uma das melhores e mais modernas unidades de produção de automóveis da Europa, com uma área total que ronda os 2 milhões de metros quadrados, incluindo o Parque Industrial onde se fixaram alguns dos fornecedores mais importantes. A construção e o equipamento das diversas secções da fábrica foram definidos com total respeito pelos padrões europeus em matéria de segurança e protecção do ambiente. A fábrica divide-se em quatro áreas principais de produção: prensagem, construção de carroçarias, pintura e linha de montagem.

Em 1999, o Grupo Volkswagen assume 100% do capital social da Autoeuropa. Esta operação não afectou a actividade produtiva da fábrica, que manteve o fabrico dos mesmos modelos nos anos seguintes. A Volkswagen e a Ford continuaram a cooperar no sentido de reforçar a competitividade dos seus Monovolumes.

Em 2003, a Autoeuropa atinge a produção de 1 milhão de unidades e foi feito um investimento de 600 milhões de euros. Em Fevereiro de 2006 a Autoeuropa finaliza a

produção do Ford Galaxy e inicia a produção para o mercado do Volkswagen Eos, o primeiro carro de luxo da marca Volkswagen a ser produzido em Portugal. Devido às características do novo modelo, um *cabriolet* com uma singular capota rígida, a Autoeuropa passa a funcionar com 2 linhas de produção, uma dedicada à produção dos monovolumes, Volkswagen Sharan e Seat Alhambra e outra dedicada ao cabrio Volkswagen Eos. Ainda em 2006 é feito o anúncio de um novo produto para a fábrica de Palmela que pretende reviver o antigo modelo Volkswagen Scirocco.

Em 2007 a casa-mãe anuncia mais um Investimento de 541 milhões que deu origem a uma série de profundas reestruturações e melhorias tecnológicas que permitiram à Autoeuropa ganhar mais flexibilidade estrutural para receber no futuro, numa linha única, diferentes tipos de produtos. Nesse mesmo ano atinge-se o marco histórico de 1.500.000 unidades.

Desde a sua inauguração a Autoeuropa tem sido alvo de vários acordos de investimento entre a Volkswagen e o Governo Português, nomeadamente no final de 2003 e mais recentemente, em Novembro de 2007, antecipando a vinda de novos modelos para a fábrica. Estes investimentos tiveram como objectivo a instalação de novas infra-estruturas de produção, a modernização de equipamento e formação de colaboradores de modo a tornar as linhas e métodos de produção cada vez mais eficientes e aumentar as competências. Esta filosofia de melhoramento contínuo da Autoeuropa tem a posicionado como uma das empresas do grupo Volkswagen na vanguarda em vários indicadores de produtividade. Caracterizada por ser uma fábrica competitiva no ramo automóvel dotada de tecnologia de ponta, a VW Autoeuropa apresenta-se com uma empresa flexível e capaz de enfrentar os desafios futuros, seguindo as últimas normas da qualidade e do ambiente.

A Autoeuropa afirma-se como uma empresa de produção de produtos de nicho e diferencia-se por ter uma plataforma de produção com uma linha única, flexível e capaz de receber diferentes modelos.

O principal objectivo da Autoeuropa é garantir a máxima qualidade na produção de produtos do Grupo Volkswagen. A fábrica de Palmela conta actualmente com cerca de 3000 colaboradores e produz os modelos Volkswagen Sharan, Volkswagen Eos, Volkswagen Scirocco e o Seat Alhambra.

### **1.1.2 - A Indústria Automóvel no Mundo**

A indústria automóvel europeia emprega neste início de século de forma directa ou indirecta cerca de 12 milhões de trabalhadores, o que equivale a 6% da população empregada na União Europeia. No ano de 2009, a Indústria Automóvel não só ao nível Europeu mas também Mundial sofreu a maior quebra nas vendas registada desde 1993 não tendo ainda recuperado de todo até 2012.

Em termos de vendas de carros novos, 2009 foi um ano de viragem negativa. Em Espanha as vendas caíram 28%, Itália 13%, Bélgica 7,8% sendo que nos EUA a quebra só em Dezembro do mesmo ano tenha sido de 40%. O Japão registou uma redução de 28% no total do ano, o valor mais baixo desde 1980 em consequência da diminuição do consumo decorrente da recessão. Ao longo de 2008, as vendas de mini-carros, carros, camiões e autocarros recuaram 5%, para 5,08 milhões de unidades face a 5,25 milhões de unidades de 2007.

(ACAP, 2011)

Esta é uma realidade que tem abalado fortemente até aos dias de hoje a Indústria Automóvel Mundial, desde as marcas construtoras a toda a rede de fornecedores de componentes de peças auto. As redes de fornecedores são na sua grande maioria compostas por pequenas e médias empresas que vivem directamente dependentes das construtoras clientes e que se deparam com um momento de grande dificuldade de gestão interna, forte concorrência entre si e luta pela sobrevivência e permanência no sector.

### **1.1.3 - Indústria Automóvel, o antes e o agora**

A Indústria Automóvel Mundial teve nos últimos cinquenta anos uma expansão notável, com um nível de produção que passou dos cerca de 10 milhões de veículos por ano em meados dos anos 80, para cerca de 60 milhões já durante o século vinte e um. Este forte desenvolvimento ao longo dos anos levou a que a Indústria Automóvel seja hoje uma das mais importantes actividades industriais do Mundo. Com este crescimento enorme, a indústria automóvel sofreu ao longo deste período grandes alterações internas que geraram uma perda de competitividade dos pequenos construtores e que levou a que a grande maioria deles perdesse capacidade de se manter no mercado e a verem-se obrigados a encerrar actividade ou serem assimilados por construtores de maiores dimensões. Com isto, dos mais de 50 construtores automóveis que existiam há 50 anos, restam hoje cerca de 10 com verdadeiro peso no

mercado mundial. A indústria automóvel está hoje redistribuída e reestruturada no Mundo Global com uma aposta em mercados outrora fechados a indústrias e comércio internacional.

No início do século XXI, podemos dividir a Indústria Automóvel em 10 grandes grupos, sendo o maior construtor mundial a General Motors, seguida da Ford Motor Company, da Toyota, Volkswagen, Renault-Nissan, DaimlerChrysler, PSA, Fiat, Hyundai e Honda.

Estes grandes grupos são assegurados em componentes que integram o seu produto final por uma cadeia global de fornecedores. O maior fornecedor mundial da indústria automóvel é a Delphi, seguida da Bosch, Visteon, Aisin Seiko, Faurecia, Dana e Valeo, entre outros.

*(Féria (1999); Reis, Luís; Felizardo Rui, (2003))*

#### **1.1.4 - O Sector Automóvel em Portugal**

A Indústria Automóvel em Portugal (e não falando de produção singular “artesanal” a qual existiu ainda no século XIX) teve início nos anos 50 com a implementação das linhas de montagem da GM/ Opel, Ford, Citroen, Fiat e Berliet (esta virada apenas para a produção militar). Contudo, e derivado a regulamentações rígidas impostas pelo Governo da altura, nunca se chegou a criar uma cadeia de valor em torno das “fábricas” ou neste caso, linhas de montagem, limitando o fornecimento de componentes produzidos em território nacional a cerca de cinco ou seis pequenas empresas que fabricavam parte dos estofos, alguns interiores, pneumáticos, vidros, tapetes e baterias. Data também da fase final desta época a iniciativa de lançamento pelo concessionário português da Toyota, a firma nortenha Salvador Caetano, Indústrias Metalúrgicas e Veículos Automóveis S.A, da linha de montagem em Ovar, onde diversos comerciais da marca japonesa começam a ser montados e onde ainda hoje se montam vários modelos da marca. Outros construtores apostaram na montagem dos seus produtos em Portugal, salientando-se entre outros a FAP (Fábrica de Automóveis Portugueses) em Aveiro, e as linhas de montagem da Baptista Russo em Vendas Novas, (hoje conhecida por VN Automóveis, que montaram desde camiões Bedford, MAN a Bmw’s e pequenos mini-moke e a Renault em Setúbal que em 1980 iniciou a produção do Renault 5 chegando a produzir 44.475 unidades no ano de 1988.

No campo da produção de componentes e falando aqui em equipamentos de primeira linha, foi a produção pela primeira vez de vidro laminado curvo na Covina, fábrica de Sacavém, e a Molaflex com estofos, assentos e componentes para interiores com que se iniciou a produção de componentes específicos e de primeiro plano para automóveis em Portugal. Seguiram-se

mais algumas fábricas que garantiam o fornecimento de alguns componentes e nos finais dos anos 70, para as linhas de montagem existentes, operavam em Portugal 170 fabricantes de componentes e acessórios que empregavam cerca de 15.000 trabalhadores. Porém, grande parte destas empresas não orientavam a sua actividade exclusivamente para o sector automóvel mas complementavam a produção de peças e componentes com o desenvolvimento de negócios paralelos. Existiam assim nesta altura, anos 70, diversas empresas artesanais ineficientes, com baixos níveis da qualidade e reduzidas competências e capacidades tecnológicas, comerciais e organizacionais, orientadas exclusivamente para o mercado interno e que geravam um valor acrescentado muito baixo. Era um mercado estreito e de produção baixa que denotava uma tecnologia rudimentar com base em processos simples de montagem.

Só mais tarde, com as mudanças políticas e a adesão plena de Portugal à CE se dá um salto quantitativo e qualitativo de relevo. Contudo, devido à indústria naquela altura ser um simples processo de montagem ou junção de peças, não originou, como seria desejável o aparecimento de uma rede de fornecedores de componentes para a indústria automóvel. Quanto muito, podem ter surgido pequenas unidades para o fornecimento de alguns componentes secundários de reduzido valor acrescentado para o mercado interno mas sem importância preponderante para a dinamização do sector.

O investimento estrangeiro na indústria de componentes em Portugal não teve grande expressão até 1979, sendo de relevar a ausência de empresas de capital estrangeiro na produção de peças para automóveis. É apenas de referir como exemplos, os casos da Mabor, Firestone, Indelma, Impormol, Rol, Preh e Fico Cables.

Com a entrada da Renault no início dos anos 80 e o estabelecimento de algumas empresas associadas ao construtor francês e o aumento dos níveis de incorporação nacional na fabricação de veículos, a indústria de componentes iniciou uma evolução de forma positiva ao longo do período com um aumento do volume de facturação de 84 milhões de Euros em 1980 para 673 milhões de Euro em 1988, representando um acréscimo significativo das exportações ao longo do mesmo período.

A indústria automóvel passa assim a ser integrada por um conjunto consolidado de empresas fornecedoras de componentes deixando de ter empresas que fabricavam componentes como complemento da sua actividade principal. Dá-se então o início da modernização das empresas que apostam assumidamente no sector automóvel e à instalação de novas unidades industriais.



As preocupações com a qualidade, custos e prazos de entrega, características da “cultura automóvel”, começam a fazer parte e ser chave no sector de componentes a nível nacional.

Os produtos fabricados por estas empresas diversificam-se e ganham maior complexidade, relativa a termos de matéria-prima, metais e ligas metálicas e no conceito do próprio produto, estofos, pneus e câmaras-de-ar, radiadores, baterias, molas de suspensão, condutores eléctricos, caixas de velocidade, motores eléctricos e de propulsão. Todos os componentes aumentam a sua complexidade numa adaptação às características necessárias para o mercado automóvel. Para a sua produção, começam a ser utilizadas não as tecnologias rudimentares até aqui aplicadas, mas sim tecnologias cada vez mais específicas e que levam a um desenvolvimento rápido e progressivo do conhecimento e a uma maior diversidade de tecnologias de processo, estampagem, injeção de plásticos, revestimentos, soldadura, etc. Neste processo de adaptação e especificação das tecnologias aplicadas às exigências do sector automóvel, o desenvolvimento dá-se a uma velocidade cada vez maior.

Estas empresas deixam de produzir apenas para o mercado interno e têm o primeiro contacto com a indústria automóvel global através de processos de exportação, que se vêm gradualmente a intensificar ao longo do período, passando de meras iniciativas experimentais para acções regulares.

Das grandes empresas de referência da indústria automóvel nacional a operar actualmente em Portugal e que datam deste período da história do sector, nomeadamente na área dos moldes e injeção de plásticos, temos a título de exemplo a SIMOLDES Plásticos, Lda, fundada em 1980 no distrito de Aveiro.

*(Féria, 1999)*

### **1.1.5 - O Cluster Automóvel em Portugal**

Constituído por duas centenas de empresas que empregam cerca de 40 mil trabalhadores, o sector da indústria portuguesa de componentes para automóveis ou o tão chamado “Cluster” Automóvel em Portugal, tem como destino para perto de 80% da sua produção a exportação, sendo que dois terços das empresas são fornecedores de primeira e segunda linha (52,7 e 28,9%, respectivamente) dos principais construtores de automóveis. A maioria (57,6%) é detida por capitais estrangeiros, destacando-se o Porto (22,7%) e Aveiro (18,4%) como os distritos de maior implantação.

*(Reis, Luís; Felizardo Rui, 2003)*

De acordo com o Gabinete de Estudos e Prospectiva Económica (GEPE) em Novembro de 2010, do Ministério da Economia, o *cluster* automóvel em Portugal é constituído pelas seguintes actividades:

- Conjunto de actividades que originam o produto automóvel ou componentes directamente relacionadas com o fabrico do mesmo (essencialmente integração e montagem automóvel).
- Actividades relacionadas com os produtos necessários à produção do automóvel (produtos incorporados no próprio automóvel).
- Actividades necessárias ao processo de produção do automóvel, não incorporadas fisicamente no produto final, mas essenciais à sua produção e distribuição (em particular equipamentos fundamentais utilizados na produção).
- Actividades relacionadas com o foco que não sejam indispensáveis ao processo produtivo, embora permitam agilizá-lo e em alguns casos ter um maior domínio da cadeia a jusante do foco, visando entre outros aspectos o de proporcionar uma melhor mobilidade individual.

## **1.2 – Descrição do trabalho, problema**

### **1.2.1 – Natureza do Problema**

No contexto do aumento da competitividade como forma de garantir a sobrevivência e posição no seio do Grupo, a constante procura da melhoria contínua leva à iniciativa de implementação e aplicação de sistemáticas de melhoria dos processos com resultado no produto final de forma a garantir uma actuação efectiva e na altura correcta aos problemas da qualidade que surgem durante o processo produtivo.

Dessa forma, avaliando um dos modelos de veículos existentes em produção na fábrica portuguesa da VW, foram analisados os principais problemas com componentes fornecidos que ocorrem na linha de produção da montagem final da VW Autoeuropa e que mais recursos utilizaram na sua resolução durante todo o período de produção do modelo até então. Esta análise serviu de base para a aplicação de um processo de controlo da qualidade para peças compradas com base em cartas de controlo a um dos problemas que mais resistência tem mostrado às tentativas de resolução e que afecta a produção do *Eos* desde o seu lançamento no mercado.

Este trabalho pretende apresentar as cartas de controlo como uma ferramenta que possa ser implementada pela VW Autoeuropa e pelo fornecedor Hella de forma a ser alcançado um controlo qualitativo mais assertivo e direccionado dos componentes fornecidos pela empresa fornecedora. Esse controlo deve começar logo quando os componentes iniciam o seu processo de produção no fornecedor, evitando assim que cheguem à Autoeuropa peças que não se enquadram nos parâmetros de qualidade definidos pela VW. Deve ainda permitir que os componentes possam ter uma melhor aplicação entre eles, melhorando a condição final de montagem e com isso a qualidade final do produto. Deve assim permitir uma análise das vantagens obtidas pela implementação do controlo da especificação na produção por parte do fornecedor, bem como do desempenho da capacidade de produção dentro das especificações definidas das peças compradas, que posteriormente serão aplicadas na montagem final da VW fazendo parte do produto final.

Com este trabalho, pretende-se prevenir, reduzir e controlar o número de peças não conformes de acordo com os parâmetros da qualidade definidos, reduzindo assim as rejeições em linha de produção no fornecedor, apontar as causas e direccionar responsabilidades permitindo que as *não conformidades* detectadas em produção possam ser solucionadas de forma mais rápida e efectiva. Este controlo permitirá ao fornecedor reduzir os custos de fabricação e garantir ao cliente a aquisição de componentes dentro das especificações exigidas pelo grupo VW.

### **1.2.2 - Apresentação do problema**

Fazer uma análise dos índices de rejeições internas das peças compradas é uma das formas de ter uma imagem do nível da qualidade das peças fornecidas pelos vários fornecedores de peças. É também uma forma directa de poder penalizar o fornecedor quando este não cumpre com o nível da qualidade acordado e exigido, visto poder ser quantificada a não qualidade dos componentes fornecidos e as rejeições implicarem uma indemnização à empresa cliente.

As rejeições internas aos fornecedores são feitas pela Qualidade da VW, através do Departamento da Qualidade de peças compradas, que com base nos valores internos de rejeições ocorridas na produção faz chegar aos fornecedores a realidade da qualidade das suas peças em forma de rejeições que implicam custos.

Estas rejeições podem ser reclamadas pela Logística no caso de alguma não conformidade ser detectada no trajecto das peças entre as instalações da Hella na Eslováquia e o entreposto logístico em Portugal e deste até à zona de montagem na linha, denominado *pof*. Assim,

assegura-se que as peças que são descarregadas no *pof*, estão em perfeitas condições e dentro dos parâmetros da qualidade exigidos, podendo ser montadas pela Produção.

Da zona de montagem até ao ponto de controlo da qualidade CP8 (*control point 8*) as peças permanecem sob a responsabilidade da Produção e no caso de serem detectadas nas peças não conformidades ou outros problemas que impossibilitem a sua montagem e o correcto funcionamento, estas podem ser rejeitadas pela Produção.

Do ponto de controlo de CP8 até ao parque onde os carros são vendidos à empresa transportadora (expedição), as peças não conformes podem ser rejeitadas pela Qualidade Aceitação Final VW.

As causas de rejeições em linha podem ser motivadas por problemas de montagem ou problemas da qualidade com as peças compradas, podendo estes ter diferentes causas e com isso a responsabilidade da rejeição pode ser atribuída à própria Produção VW, à Logística VW, ao Fornecedor, ou a outros.

Neste Projecto Final estudamos o caso particular de um produto composto, o farolim traseiro do Eos, no que respeita aos problemas dimensionais.

### **1.2.3-Referências de montagem do farolim**

O processo de produção do farolim está dividido em várias etapas, sendo que a mais importante e com grande impacto na componente dimensional é a etapa de soldadura da lente ao corpo do farolim.

Este é um processo de soldadura por fricção que utiliza duas máquinas de soldadura automática. No início o corpo do farolim está já produzido e a componente reflectora já integrada dentro do mesmo, sendo que a soldadura da lente finaliza a produção do corpo final do farolim.

É importante nesta etapa garantir a correcta soldadura da lente ao corpo do farolim de forma a garantir uma soldadura uniforme na zona de contacto entre a lente e o corpo do farolim, evitando problemas de entrada de água, zonas fragilizadas ao contacto devido a excesso ou falta de soldadura.

Assim, é muito importante garantir que a posição da lente no corpo do farolim seja a mais correcta e consistente entre as peças produzidas.



Figura 1- Imagem de uma das máquinas de soldadura por fricção utilizada no processo de montagem do farolim, mais precisamente da zona onde é colocada a lente

Após a etapa de soldadura, as peças sofrem ainda a montagem dos vários componentes eléctricos e antes de iniciarem os testes de qualidade são montados os pinos de calibração, sendo dois pinos em cada peça.

Estes pinos de calibração são muito importantes para o correcto posicionamento do farolim aquando da sua montagem na carroçaria do veículo e por isso para o objecto em estudo.

Por consequente, é necessário garantir um ajuste preliminar nos pinos de calibração a fim de por sua vez garantir o melhor comportamento do componente em termos dimensionais aquando montado no veículo.

Ambos os pinos de calibração devem assim garantir uma altura de  $2\text{ mm}$  ao topo do pino em todas as peças, sendo por isso da responsabilidade do fornecedor garantir que todas as peças chegam nessas condições ao *pof* da Autoeuropa.

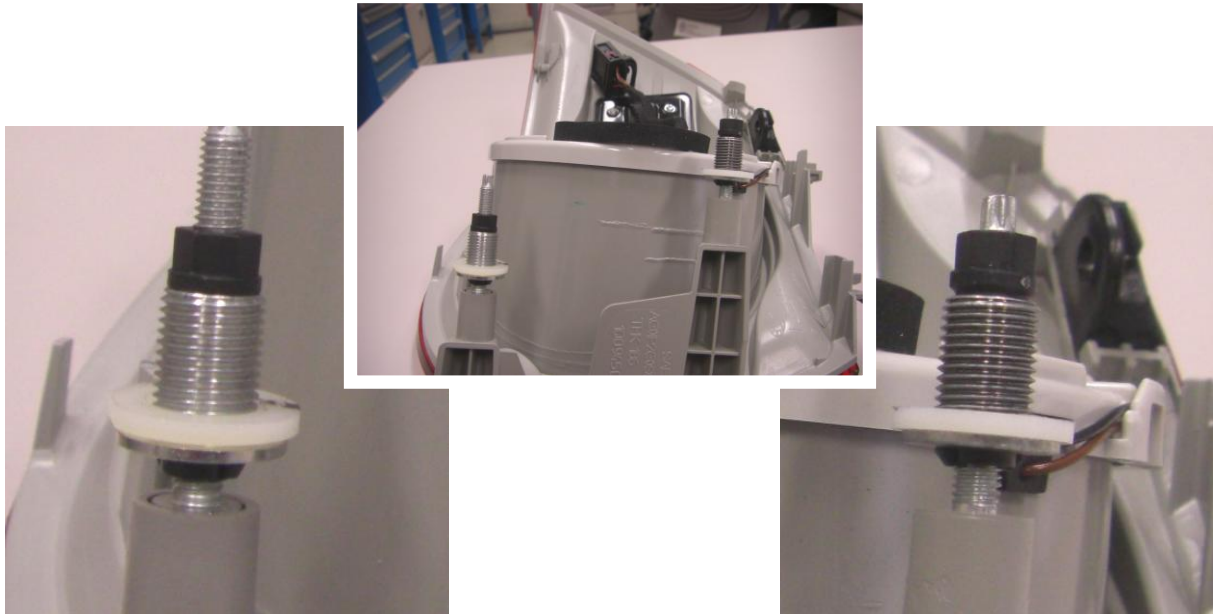


Figura 2- Imagem dos dois pinos de calibração numa peça

Já na linha de montagem da Autoeuropa devem ser tidos em conta os procedimentos definidos no plano de montagem (*pdm*) para a correcta montagem da peça na carroçaria.

O farolim chega à linha de montagem com o ajuste preliminar nos pinos de calibração feito no fornecedor, sendo que a primeira operação a ser efectuada será colocar o farolim na sua posição correcta sendo depois fixado com os dois parafusos de fixação.

No processo de aperto dos parafusos o primeiro parafuso a ser apertado será o parafuso de cima e de seguida o parafuso de baixo.

De seguida, é apertado o parafuso do topo e colocada a “pestana”, peça plástica que cobre o topo do farolim, identificada na figura 3 como *Abdeckung* (capa ou cobertura em alemão).

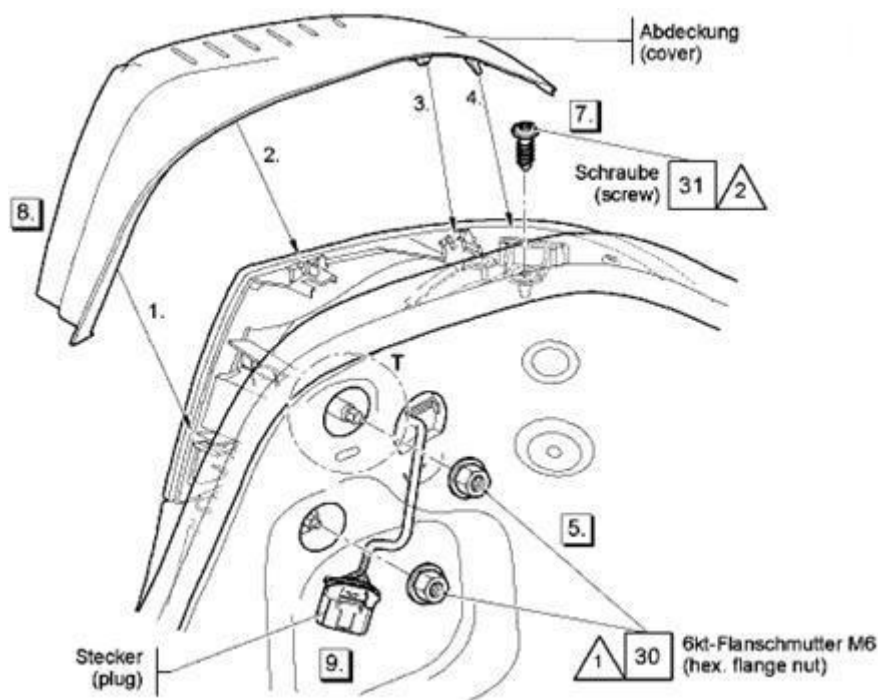


Figura 3- Esquema representativo do processo de montagem do farolim retirado do *pdm*

Após a montagem do farolim, os pinos de calibração permitem um reajuste da peça consoante as necessidades de forma a melhorar a condição final entre o farolim e as peças adjacentes. Contudo, este reajuste possível da peça através dos pinos de calibração, não é suficiente para absorver todos os desvios dimensionais das peças e melhorar a sua condição final.



Figura 4- Condição final do farolim montado num veículo Eos

### 1.2.4 – Problemas da Qualidade e Rejeições

Os valores das rejeições são analisados e compilados e as rejeições que têm como causa problemas da qualidade são imputadas no sistema informático que gere as rejeições dos fornecedores para que a informação esteja disponibilizada aos fornecedores na hora. A forma de quantificar as rejeições internas de peças compradas *não conformes* é feita em *ppm's* (partes por milhão).

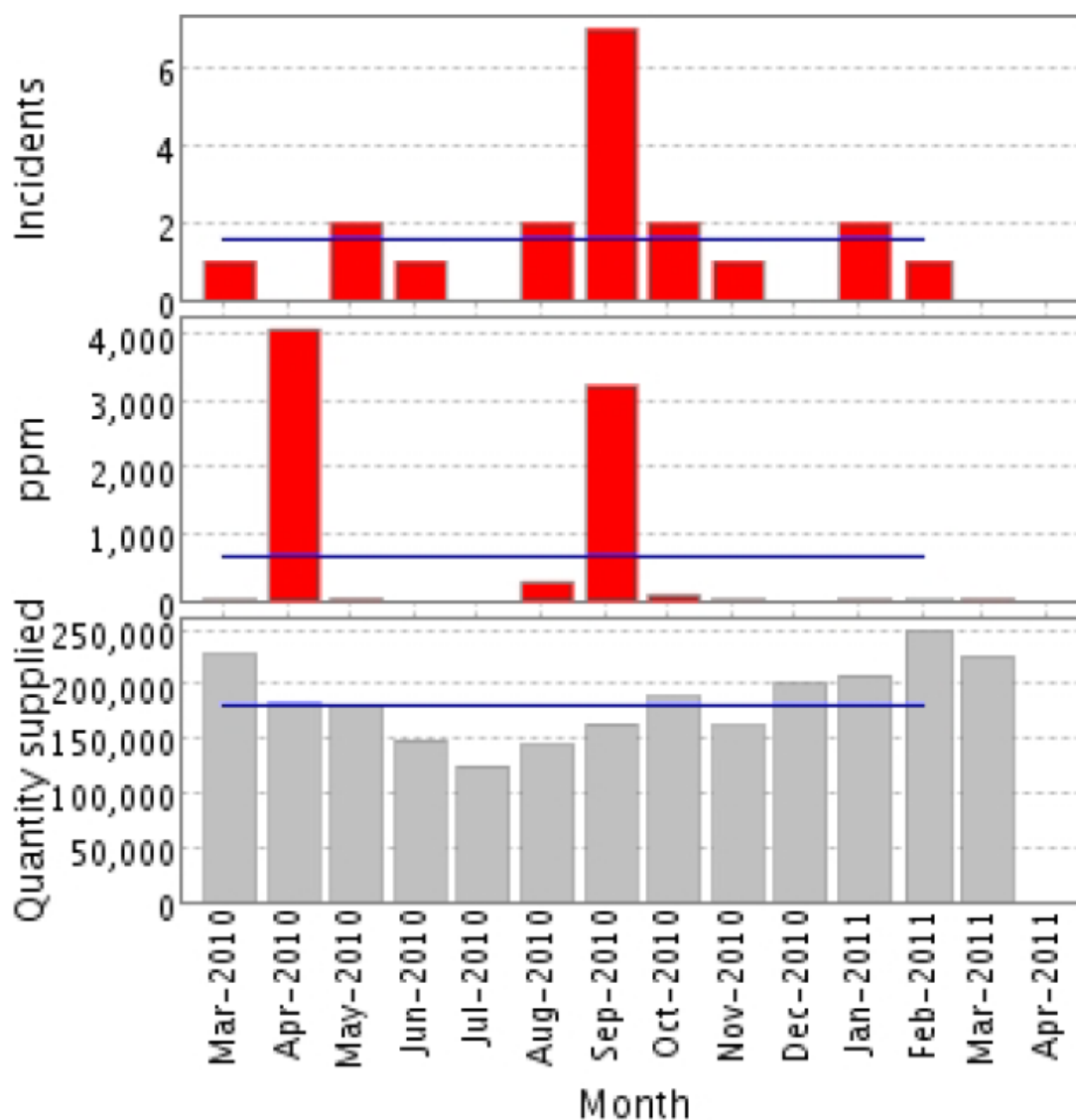


Figura 5- Registo das rejeições internas ao fornecedor, do farolim traseiro do EOS, expressa em ppm's durante o período de Março de 2010 a Abril de 2011

Na figura 5 é possível identificar três índices independentes entre si. O primeiro índice apresenta o número de incidentes ocorridos em linha por mês com as peças em questão.



Um incidente nem sempre significa que tenha ocorrido uma não conformidade com uma única peça. A compilação da informação das rejeições a ser imputada no sistema, requer alguns princípios, tais como quantidade mínima de peças afectadas pelo mesmo problema, lotes ou datas de produção, bem como a possibilidade ou não de montagem, retrabalho, etc.

O segundo índice apresenta o número total de peças defeituosas (todos os diferentes tipos de não conformidades) detectadas no componente e rejeitadas em linha de produção.

O terceiro índice indica a quantidade de peças fornecidas pelo fornecedor em cada mês. Estas peças são o fornecimento inerente do processo produtivo, que claramente é afectado pela rejeição de peças não conformes.

A maioria das rejeições feitas em linha são devido a problemas de:

#### *Nível dimensional.*

Problemas a nível dimensional nas peças geram na maioria dos casos problemas de alinhamento entre as várias peças montadas. No caso do farolim da Hella, os problemas dimensionais apresentados nas peças resultam em grandes dificuldades no alinhamento da mala com o farolim em termos de valores de *gap* e *flush* e dificuldades no alinhamento entre o farolim e o pára-choques. Podem também gerar a criação de tensões internas nas peças, que podem provocar ruídos de funcionamento ou em rodagem, ou mesmo o aparecimento de fissuras e danos nas peças. Se os desvios do valor da nominal forem de tal forma grandes, podem mesmo levar à impossibilidade de montagem da peça, implicando toda a continuidade do processo de montagem do veículo e levando a uma paragem de linha.

Estes problemas dimensionais podem ter vários efeitos, tais como:

Dificuldade em garantir o nível de alinhamento especificado entre mala e farolim (*gap/flush*) aquando da montagem do componente na linha de produção da Autoeuropa.

Dificuldade em garantir o nível de alinhamento especificado entre o farolim e o para-choques aquando da montagem do farolim (*gap*).

Impossibilidade por parte do fornecedor em cumprir especificação de *design* (medição da peça na galga).

Surgimento de tensões interna nas peças que originam ruídos de funcionamento ou em rotação, ou mesmo o aparecimento de fissuras e danos nas peças. Estes efeitos são detectados pela Qualidade VW no teste de estrada.

Falhas no cumprimento das especificações de desenho que podem levar a falhas do tipo *A* e *B* nas auditorias internas ao produto *Audit*.

#### *Problemas de entrada de água no componente.*

Entradas de água podem originar não só problemas de estética como também problemas eléctricos numa fase posterior à montagem. Neste caso, os problemas podem mesmo originar impedimento da condução do veículo. Estes tipos de problemas são denominados *break downs*, pois destes problemas resulta a impossibilidade de utilização do veículo.

Visto no caso da iluminação de presença, ou no próprio funcionamento da luz de stop, o veículo estar impossibilitado de ser conduzido à noite.

#### *Danos de transporte*

Danos causados no transporte das peças entre o fornecedor e o cliente podem causar vários tipos de defeitos nas peças. Riscos exteriores nas lentes, rachadelas, fissuras, danos, entre outros. Em alguns casos, as peças podem sofrer uma acção de verificação, seguida de retrabalho, mas na maioria dos casos as peças não podem ser montadas nos veículos e em muitas delas o retrabalho pode não ser efectivo.

#### *Peças mal identificadas*

Peças mal identificadas, mal rotuladas ou mesmo sem identificação. Este tipo de defeito pode originar troca de peças na altura da decantação, da sequenciação, ou mesmo na zona de montagem, podendo nos casos em que as peças não têm identificação, estas serem sujeitas a um acto de substituição (já em campo) e neste caso não existe forma de identificar a peça que terá de ser pedida pelo revendedor no concessionário para substituir a defeituosa.

A falta de identificação numa peça pode gerar problemas acrescidos, no caso de existir um problema de não conformidade com a peça (neste caso outra não conformidade) que afecte um lote ou uma data de produção, e neste caso será impossível identificar qual o lote, ou data de produção das peças com defeito, pois não existe informação na peça e dificulta em muito a tomada de acções para conter o problema.

### *Sujidades internas no componente*

Sujidades no interior do componente acarretam problemas de estética, que podem apenas vir a ser detectados já em campo e pelos clientes.

### *Riscos internos no componente*

Riscos no interior da lente originam problemas de estética que em norma são reclamados pelo cliente e já em campo.

### *Falhas eléctricas no componente*

Falhas eléctricas causam problemas de funcionamento no farolim, podendo alguns serem *break downs*. No entanto, qualquer falha eléctrica no farolim leva sempre a uma reclamação de cliente e pode sempre ser perigoso quando acontece no campo.

## **1.2.5 – Auditoria ao produto (*Audit*)**

As rejeições internas não são o único factor para a avaliação da qualidade das peças compradas. A auditoria feita aos carros no final do processo de montagem é outro factor importante para a avaliação do nível da qualidade das peças compradas e neste caso também do produto em geral. O *Audit* é portanto um índice muito importante e que mostra a importância dos problemas em cada peça numa avaliação do produto final. A performance dos componentes no *Audit* tem para os fornecedores um papel muito importante na negociação de novos projectos e continuidade no grupo de fornecedores VW.

De acordo com as directrizes da empresa foi definido um sistema de identificação de falhas nos veículos, após o seu processo de produção estar concluído, que vai ao encontro dos níveis padrão da qualidade requerido pela empresa.

A sua quantificação foi definida tendo em conta o número de defeitos por carro e visou promover a comparabilidade em nível de qualidade entre as várias unidades de produção do Grupo, além de promover o sistemático aperfeiçoamento contínuo.

Cada falha recebe pontos de demérito que podem variar entre os 10 e os 200 pontos de demérito em função da sua gravidade que é classificada como *A1*, *A2*, *A3*, *A4*, *B1*, *B*, *C1* e *C*. O sistema é avaliado pela somatória dos pontos de deméritos por unidade produzida e quanto menor for o valor da pontuação, melhor é o nível da Qualidade que o produto apresenta.

Na tabela seguinte são apresentados os tipos de falhas, os pontos de demérito e a sua descrição.

Tabela 1 - Classificação das falhas e valores de demérito no *Audit*

Falha	A1	A2	A3	A4	B1	B	C1	C
Classificação	Muito Grave	Grave	Grave	Grave	Média	Média	Leve	Leve
Pontos de demérito	200	70	60/30	30/20	20	20/15	10	10
Descrição	Peça sem função / Defeito visível ao primeiro contacto com o veículo			Função incorrecta/Dano que impossibilite a funcionalidade		Ajuste incorrecto que provoca mau funcionamento	Defeitos pintura, pequenos danos que não impliquem na funcionalidade e sejam detectáveis apenas com inspecção rigorosa	

As falhas podem ainda ser classificadas de acordo com a afectação da possibilidade de mobilização do veículo sendo denominadas de *break down*.

Neste âmbito, todas as falhas que impossibilitem a correcta utilização do veículo são consideradas *break down* e têm o nível de uma falha A, podendo atingir pontos de demérito consoante a causa e o efeito do problema. As falhas *break down* podem assim ter vários níveis dentro das falhas do tipo A, que vão entre A4, A3, A2 ou A1.

Na figura seguinte são apresentados os componentes que obtiveram o maior número de pontos de demérito nas auditorias ao produto (*Audit*) no Eos. Os valores apresentados são expressos em percentagem e abrangem o período de Março de 2010 a Abril de 2011.

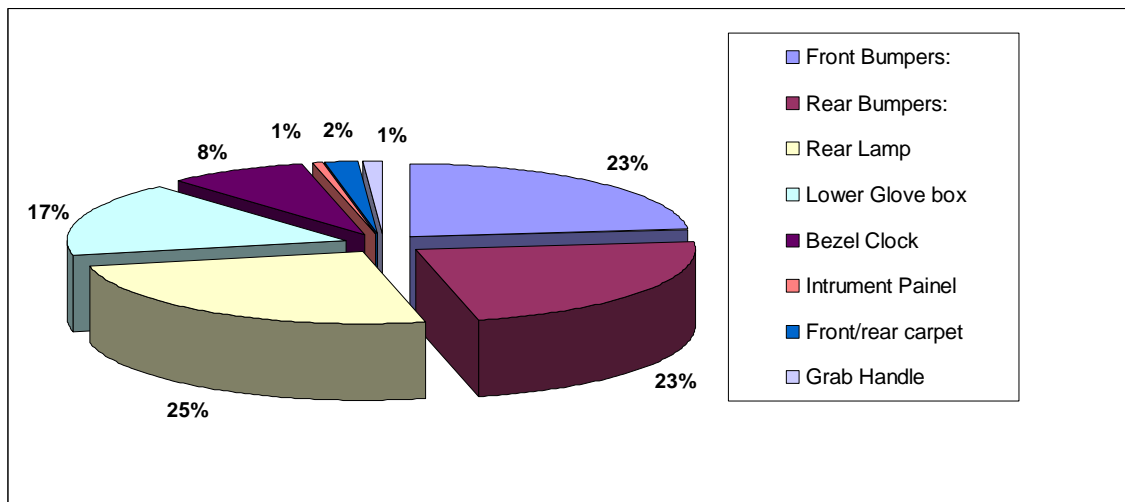


Figura 6- Registo dos pontos de demérito em Audit no modelo Eos expressa em percentagem durante o período de Março de 2010 a Abril de 2011

Legenda da figura (tradução para português):

*Front Bumpers* - Para-choques da frente

*Rear Bumpers* - Para-choques de trás

***Rear Lamp*** - Farolim traseiro

*Lower Glove Box* - Porta-luvas inferior

*Bezel Clock* - Moldura do relógio

*Instrument Painel* - Painel de instrumentos

*Front/Rear carpet* - Carpet frontal e traseira

*Grab handle* - Puxador da porta

Com 25% dos pontos de demérito que implicam falhas, os farolins lideram o grupo de componentes mais contribuidores para defeitos nas auditorias de produto. É importante evidenciar que a auditoria *Audit* é feita ao produto acabado (carro completo) o que implica uma análise não só da condição da peça montada e da sua funcionalidade, bem como da harmonia entre peças.

No caso do farolim, é muito importante a condição de *gap* e *flush* entre este e as peças que têm condição de vizinhança e que influenciam na montagem e condição final.

Neste caso, as peças mais importantes são o para-choques traseiro, a mala e o guarda-lamas traseiro.



Figura 7- Peças com influência na condição final do farolim

Os 25% das falhas do farolim detectadas em *Audit* podem ser divididos segundo os diferentes problemas encontrados.

A figura em baixo apresenta os diferentes tipos de falhas do farolim detectados no *Audit*.

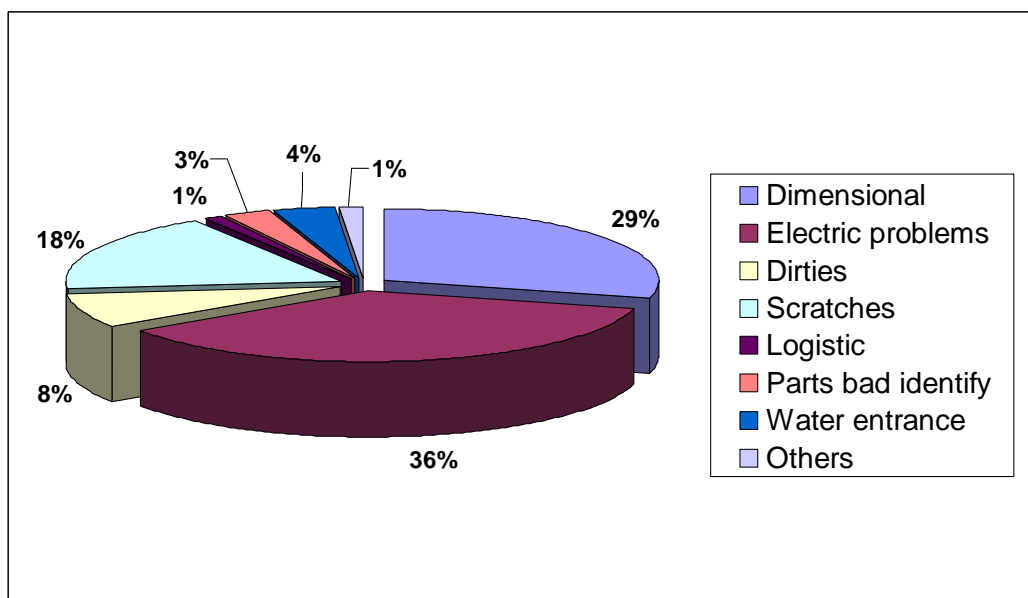


Figura 8- Registo dos diferentes problemas em *Audit*, em percentagem, detectados durante o período de Março de 2010 a Abril de 2011, correspondentes a 25% das falhas em *Audit* de todos os componentes.

Legenda da figura (tradução para português):

***Dimensional* - Dimensionais**

*Electric* - Eléctricos

*Dirties* - Sujidades

*Scratches* - Riscos

*Logistic* - Logísticos

*Parts bad identify* - Peças mal identificadas

*Water entrance* - Entradas de água

*Others* - Outros

Analisando o gráfico, verifica-se que os problemas eléctricos com o componente representam o problema com maior percentagem (36%) seguidos dos problemas dimensionais (29%) e dos problemas de riscos na lente do farolim (18%).

Sendo a maior parte dos problemas de natureza eléctrica ocorridos, problemas de montagem e onde se incluem as fichas da cablagem mal montadas, desligadas e danos na cablagem provocados pelo e durante o processo de montagem, apenas 2,2 pontos de demérito em *Audit* podem ser atribuídos ao fornecedor.

Os problemas na montagem são solucionados com a intervenção no processo de montagem, de forma a garantir a correcta ligação da cablagem do farolim.

O aumento de produção na fase de lançamento que colmata com o aumento de experiência dos operadores na execução da tarefa, tem também um papel muito importante na diminuição deste tipo de falhas.

Os pontos atribuídos devido aos riscos no farolim, acabam por ser um problema de critérios entre a Qualidade fornecedor e a Qualidade VW. Conscientes que todas as peças estão sujeitas a manuseamento desde a sua fabricação até à chegada ao ponto onde serão montadas, e sendo o farolim uma peça de bastante sensível visto ser uma peça de exterior com lentes, onde a probabilidade de pequenos riscos durante o processo logístico aumenta bastante, a convergência de critérios de aceitação é um factor importante para a diminuição das rejeições derivadas a este tipo de problemas.

Os problemas dimensionais assinalados com pontos de demérito podem ser divididos em problemas de impossibilidade de montagem das peças e problemas em alinhar o componente e garantir as especificações definidas para tolerâncias entre peças.

Neste caso, as peças são montadas, mas o alinhamento após montagem não é possível de ser garantido e as especificações não podem ser obtidas.

Tabela 2 – Frequência e pontos de demérito atribuído ao farolim no *Audit*

Parts	Freq.	Demerit points	Demerit points(DP)/car
<i>Dimensional</i>	152	695	4,6
Gaps/flushes	139	345	2,3
Fit NOK	11	110	0,9
Imp. to Assemble	2	240	1,4
<i>Electric problems</i>	39	820	5,7
Supplier	9	330	2,2
Production	24	490	5,2
<i>Dirtyes</i>	21	190	1,2
<i>Scratches</i>	32	284	2,8
<i>Logistic</i>	1	10	0,2
<i>Parts bad identify</i>	3	40	0,4
<i>Water entrance</i>	3	60	0,6
<i>Others</i>	2	20	0,2

Legenda da figura (tradução para português):

*Parts*-peças / *Freq*-frequência / *Demerit points*-pontos de demérito /*DP*-pontos de demérito por carro

*Dimensional*-dimensionais

*Gap/Flush*-

*Fit NOK*-alinhamento incorrecto

*Electric*-eléctricos

*Supplier*-fornecedor



*Production*-produção

*Dirties*-sujeidades

*Logistic*-logísticos

*Parts bad identify*-peças mal identificadas

*Water entrance*-entrada de água

*Others*-outros

As rejeições de peças devido a problemas dimensionais são feitas sempre que este tipo de problemas ocorre. A responsabilidade das rejeições é atribuída ao fornecedor e este tem de garantir o fornecimento de peças dentro das especificações de forma a garantir a produção e o nível de qualidade.

Inúmeras peças são rejeitadas ao fornecedor sendo que algumas delas encontram-se dentro dos limites de controlo utilizados pela Autoeuropa. Aquando da ocorrência de problemas na linha de montagem, as peças em questão são recolhidas, analisadas e medidas, sendo que de acordo com o resultado das medições, realiza-se a rejeição ou não de todo o lote da data de produção da peça analisada, assumindo-se que se uma peça produzida em uma determinada data apresenta problemas dimensionais, então todas as peças produzidas na mesma data apresentam os mesmos problemas.

Este tipo de procedimento gera uma grande dificuldade por parte da VW em garantir a qualidade dos seus produtos, bem como no caso de rejeição de vários lotes em garantir a existência de peças na fábrica para serem montadas nos seus produtos e assim garantir ao volume de produção.

A possibilidade de paragens de linha é eminente bem como o aumento do valor dos custos com trabalho adicional na substituição de peças não conformes por peças dentro de conformidade.

Para o fornecedor, a dificuldade em garantir peças ao cliente dentro das especificações e nos prazos estipulados eleva os seus custos, não só produtivos com o aumento de produtos não conformes que serão sucitados, como logísticos, com a necessidade de utilização de transportes especiais, mais rápidos, mas mais caros.

O fornecedor encara ainda a possibilidade de enfrentar indemnizações ao cliente como fruto dos custos suplementares deste, na troca de peças não conformes já montadas no produto

final, inspecções extra às peças fornecidas que são da responsabilidade do fornecedor, bem como de reclamações de campo por parte de clientes, compradores do produto final.

Tanto ou mais importante que estes problemas, o fornecedor encara a forte possibilidade de perda de fidelização por parte do seu cliente e com isso põe em risco a sua continuidade no mercado.

## **1.3 - Objectivos**

### **1.3.1 – Objectivos gerais**

Este trabalho tem como objectivo geral, aplicar o controlo estatístico com base nas cartas de controlo ao processo produtivo dos farolins traseiros do modelo VW Eos fornecidos pela empresa Hella.

A aplicação deste tipo de controlo pretende assim reduzir os indicadores de rejeições internas dos farolins na Autoeuropa expressos em *ppm's*, bem como a redução do número de falhas e atribuição de pontos de demérito em *Audit*.

Assim, pretende-se assegurar o cumprimento dos níveis da qualidade exigidos pela VW e reduzir os custos de produção para o fornecedor de forma a assegurar a sua sustentabilidade e permanência no grupo de fornecedores VW.

### **1.3.2 – Objectivos específicos**

A aplicação do controlo estatístico através das cartas de controlo deverá ter como objectivos específicos, prevenir a presença de causas de variação assinaláveis no processo produtivo de modo a permitir a aplicação de acções correctivas de forma rápida, prática e efectiva.

Adicionalmente deve mostrar evidências do processo e definir o seu estado em termos de controlo das *não conformidades*, tornando-o e mantendo-o num estado de *controlo estatístico*, utilizando os limites de controlo como forma de decisão em tempo real do andamento do processo.

Determinar a capacidade de produzir de acordo com as especificações estabelecidas e reduzir a variação do processo através de modificações no mesmo e em parâmetros de equipamento de forma a permitir melhorar a capacidade do processo, constituem outros dos objectivos específicos.

A aplicação deste controlo deverá ainda permitir um melhor e correcto acompanhamento dos problemas de linha de carácter dimensional que ocorrem com o farolim do *Eos*, de forma a

melhorar a resposta do fornecedor às variações do seu processo, bem como às variações do processo na fábrica cliente onde os farolins são montados.

Com este trabalho, pretende-se ainda obter uma forma de reduzir os custos para a empresa cliente em trabalho adicional nos carros onde são necessárias intervenções de troca de peças, na redução do tempo de espera por novas peças, nas medições de controlo e em todos os recursos aplicados na melhoria da qualidade final do produto relativo ao problema em estudo.

#### **1.4 – Relevância do trabalho**

Fase ao mercado globalizado com que se deparam as empresas de hoje a cooperação empresarial é uma das saídas encontradas pelas empresas para garantir e melhorar a sua posição no mercado. Essa cooperação é feita através do desenvolvimento em parceria de novas competências nos domínios da concepção e desenvolvimento do produto, da exploração do mercado nacional e do fabrico de ferramentas.

A gestão das relações entre as grandes marcas construtoras com os fabricantes de componentes constitui cada vez mais um elemento decisivo nas estratégias dos grandes construtores de automóveis.

A filosofia das relações com os fornecedores da fábrica da AutoEuropa é a procura da garantia de alta qualidade numa base de aprovisionamento de reduzido custo. Este objectivo só é atingido com o desenvolvimento de relações a longo prazo com fornecedores baseadas em princípios de confiança e mútuo benefício.

Para assegurar uma maior sustentabilidade e como forma de garantir a permanência, força e fidelização no mercado actual de fornecedores e garantindo precisão tecnológica, qualidade e capacidade de resposta às variações que implica o mercado automóvel, é sem dúvida importante que as empresas fornecedoras de componentes auto optimizem os seus processos e rentabilizem ao máximo os seus projectos e produtos.

Com base neste predicado, é de extrema relevância que exista por parte destes o total controlo dos produtos vendidos desde que iniciam o seu processo produtivo até que saem como produto final da empresa produtora para a empresa cliente, garantindo assim um melhor índice de qualidade final para o cliente do seu produto final.

Para garantirem a continuidade do acesso à rede de fornecedores da AutoEuropa e em muitos casos de outros construtores, as empresas fornecedoras precisarão de procurar formas de investir em tecnologias de produção de forma a controlarem os seus processos produtivos e garantirem os níveis da qualidade exigidos pelo cliente. Grande parte destas empresas são de pequena ou média dimensão e é sobretudo necessário um processo de absorção tecnológica e

desenvolvimento interno como forma de garantir a sua permanência e sustentabilidade num mercado tão exigente como é o da indústria automóvel.

# Capítulo 2

## Conceitos Teóricos

### 2.1 – Conceito de Qualidade

*“Toda a gente é a favor de uma boa qualidade e é contra a má qualidade. O trabalho bem feito pertence à nossa cultura. Todos os tipos de empresa existem para de alguma maneira satisfazerem as necessidades dos homens. Portanto, todos têm objectivos de qualidade em comum. Contudo, muitas empresas nem sempre conseguem alcançar todos os seus objectivos de qualidade e muitas vezes fornecem produtos que ficam abaixo das necessidades e expectativas dos consumidores.”*

*(Pires, 2007: 19).*

O termo qualidade é hoje em dia um termo cada vez mais frequente no nosso quotidiano tendo vindo a ganhar “peso” sobretudo nas três últimas décadas.

Surgindo com a revolução industrial e a segunda Guerra Mundial, o conceito de qualidade evoluiu ao longo do século XX (século da produtividade), passando de algo de pouco mais que uma mera actividade de inspecção e selecção de defeitos para o uso de técnicas estatísticas que garantem a qualidade desejada do produto de forma preventiva. Hoje, no início de século XXI, com clientes e mercados mais conscientes e exigentes podemos afirmar que estamos a viver, mais do que nunca, o século da qualidade,

Juran Institute (2009). *Joseph M. Juran: 1904 – 2008*. Acedido em: 13, Abril, 2011, em: <http://www.juran.com/our-legacy/>

O conceito da Qualidade esteve inicialmente associado ao produto em si tendo-se tornado cada vez mais abrangente à medida que se generalizou o fornecimento de serviços e em que houve um aumento na capacidade da oferta que consequentemente gerou o aumento da concorrência em praticamente todas as indústrias.

O crescente aparecimento em todos os domínios de produtos cada vez com melhor qualidade gerou a criação de uma nova cultura em torno de tudo o que requeira dinheiro para ser

adquirido. Esta nova cultura tornou as pessoas cada vez mais exigentes e sensíveis para pormenores anteriormente descurados e que não tinham relação directa no valor da oferta.

A percepção da qualidade varia do consumidor para o produtor e deve ser definida consoante o sentido em que será aplicada, podendo ser genericamente definida como uma forma de estar, de conviver e de actuar, no sentido de haver uma procura permanente de obtenção de melhores resultados a partir de um melhor desempenho de cada elemento interveniente no processo.

Os consumidores, embora dependentes de outros em larga escala, exigem garantias acrescidas da qualidade dos produtos. A garantia da qualidade tornou-se uma tarefa complexa, tanto mais complexa quanto os consumidores podem entender a qualidade de maneiras diferentes.

Como todas as empresas necessitam dos seus clientes, a Qualidade deverá estar sempre orientada para o cliente uma vez que é para ele e para a satisfação das suas necessidades que a empresa trabalha e existe.

O conceito da qualidade pode ter várias definições segundo a visão de diferentes autores que se interessaram pelo seu estudo e foram bastante importantes para a sua definição e desenvolvimento.

Não é portanto fácil a definição do que entender por qualidade. A sua definição terá de partir de alguns conceitos básicos e depois ser adaptada a cada caso concreto (sector de actividade, área, produto,...).

*(Pires, 2007)*

Segundo alguns autores clássicos, temos as suas definições da qualidade.

Segundo **Deming** (1986), a qualidade significa um grau previsível de uniformidade e fiabilidade, adequada ao mercado e a um baixo custo. Este autor colocou em causa um dos mitos da qualidade que relaciona o aumento da qualidade com o aumento dos custos. Deming defende que, as necessidades e expectativas dos consumidores são o ponto de partida para a melhoria da qualidade, que assim, permite aumentar e melhorar os índices de produtividade reduzindo os custos. Consequentemente, essa melhoria da qualidade leva também a um aumento dos índices de lucro, crescimento, liquidez e solidez, também comprovados por **Kano** (1983).

**Crosby** (1979) tem o foco na teoria de que a qualidade é assegurada quando se faz correctamente e à primeira, sempre com o intuito da obtenção de zero defeitos e garantindo a conformidade com as especificações. Segundo Crosby, a noção de “nível da qualidade aceitável” não é correcta e não deve ser o objectivo no controlo da qualidade. Segundo o autor, não existe alta qualidade nem baixa qualidade. Um produto ou serviço ou está de acordo com os requisitos (comparação com um ponto padronizado ou de referência), ou não está, sendo que dessa forma deverá ser considerado respectivamente de correcto ou incorrecto.

A qualidade deve ser definida como a conformidade com os requisitos onde é necessário promover a prevenção e não a detecção e traduz-se directamente pelo preço da não conformidade. A qualidade não tem custos, a não qualidade sim.

Noutra perspectiva, **Taguchi** (1979) afirma que a qualidade é traduzida na perda para a sociedade causada pelo produto após a sua expedição. Essa perda é função dos desvios na produção constatados no produto. O processo de produção deve adquirir fidelização de modo a tornar-se insensível às perturbações exteriores (robusto), reduzindo as variações das características do produto e os parâmetros do processo através da fixação de um valor previsional. A relação da especificação de *design* e a variação do fabrico ou do processo de produção pode ser quantificada através da função de perda em função do afastamento ao valor nominal e ao custo da reparação.

Segundo **Juran e Gryna** (1981), a Qualidade do produto é a presença de um composto de atributos necessários para satisfazer as exigências expressas pelo cliente e quaisquer exigências aplicáveis da empresa (adequação/aptidão ao uso). Juran classifica a qualidade em categorias, como a qualidade de *design*, qualidade de conformidade, aplicabilidade e serviço de campo. Desta forma, é possível prevenir uma especificação exagerada dos produtos que pode levar a um aumento substancial dos custos.

(Grant, 2001)

## 2.2 – Variação do Processo

Um processo é definido por um conjunto de actividades interrelacionadas e em interacção que transformam entradas em saídas acrescentando valor ao cliente ou organização. A saída, ou seja, o resultado final de um processo (o output na terminologia anglo-saxónica), deve

satisfazer por completo os requisitos estabelecidos pelo cliente ou pela própria empresa para as chamadas características da qualidade relevantes.

No entanto, mesmo que o processo seja bem concebido, desenvolvido e implementado, os dados referentes a uma determinada característica da qualidade não apresentam sempre o mesmo valor devido à presença de várias fontes de variação que afectam o processo.

A variação acontece, devido à existência de diferenças na matéria-prima utilizada, na qualidade dessa mesma matéria-prima, no tipo e características das máquinas utilizadas e na forma como são aplicados os métodos de trabalho e de inspecção. Essas diferenças podem ser maiores ou menores, mas existem sempre.

No caso de existirem grandes variações nestas condições, a possibilidade de serem produzidos produtos defeituosos torna-se bastante elevada. Se as diferenças nessas variações forem reduzidas ao mínimo possível, então os produtos seriam identicamente não defeituosos e não existiria nenhuma variação teórica da qualidade e a ocorrência de produtos defeituosos seria praticamente inexistente.

No entanto, embora essas causas de variação sejam diversas, nem todas afectam a qualidade com a mesma intensidade. Algumas delas afectam seriamente a qualidade do produto, outras, no entanto afectam muito pouco a variação da qualidade quando devidamente controladas.

Com isto, podemos classificar as causas em dois grupos, o primeiro constituído por uma quantidade pequena de causas (*vitais*), que no entanto provocam grandes efeitos. O segundo grupo é composto por muitas causas que provocam somente efeitos de menor intensidade, (*triviais*). Ambas influenciam o sistema produtivo e constituem as fontes de variação que são habitualmente agrupadas em seis categorias:

*Equipamento*, que inclui o desgaste de ferramentas, vibrações das máquinas, ajustamentos nos equipamentos, flutuações nos caudais hidráulicos e pneumáticos, flutuações anormais na tensão eléctrica da rede, etc.

*Matéria-prima* utilizada, que pode por vezes apresentar variações nas características da qualidade. O controlo da matéria-prima é fundamental na prevenção da ocorrência de produto não conforme.

*Mão-de-obra*, sendo que o estado físico e emocional das pessoas pode contribuir, positiva ou negativamente para a variação de produtos e processos. Outro aspecto importante a salientar é



o nível dos conhecimentos necessários para o desempenho de determinada actividade. A formação tem aqui um papel relevante. Muitas vezes as expectativas de melhorias aquando da introdução de novos métodos de trabalho e/ou novas técnicas e tecnologias, não se verificam devido à falta de formação adequada do pessoal.

*Meio ambiente*, a temperatura, humidade, luminosidade, radiação, quantidade de poeira, entre outros, são factores que podem influenciar de forma significativa a variação. Normalmente são causas de variação normal.

*Métodos*, sendo que alguns erros habitualmente cometidos nesta área são a deficiente definição de cada operação, operações não mencionadas e métodos desajustados às necessidades.

*Metrologia*, problemas causados por erros de medição da característica, uso incorrecto do equipamento de medição, não utilização do equipamento de medição mais adequado, deficiente formação do operador, etc. São normalmente causas de variação controlada.

Estas fontes de variação podem provocar alterações que se manifestam ao fim de um espaço de tempo relativamente curto ou alterações que se manifestam a longo prazo, sendo que neste caso as mudanças podem ser graduais (como as provocadas pelo desgaste do equipamento), esporádicas (mudanças de métodos) ou ainda ambientais.

(Requeijo, 2008)

Contudo, a variação pode ser muito grande e facilmente perceptível, como as diferenças nas alturas entre as pessoas, ou muito pequenas, como as diferenças da forma dos flocos de neve. Quando as variações são muito pequenas, pode parecer que os objectos são idênticos. Contudo, através da utilização de instrumentos de precisão é possível detectar as suas diferenças.

Se dois objectos aparentam ter as mesmas medidas, isso deve-se ao facto de os limites dos instrumentos utilizados nas medições não serem suficientemente reduzidos de forma a captar as diferenças existentes. Com a evolução e o aumento da capacidade e detalhe dos instrumentos de medição, a variação permaneceu, variando apenas o seu incremento, sendo a capacidade para a sua medição necessária de forma a esta poder ser controlada.

(Besterfield, 1998).

Para gerir adequadamente um processo numa óptica de melhoria contínua, é fundamental identificar as causas de variação da qualidade de uma peça produzida para outra, o que implica a distinção clara entre as denominadas *causas normais de variação* (comuns) e *causas assinaláveis* (especiais).

As *causas normais de variação* são fontes de variação num processo que está *sob controlo estatístico*. São causas aleatórias, ou seja, os valores individuais de uma determinada característica são diferentes mas o seu conjunto segue um certo padrão que pode ser descrito por uma distribuição de probabilidade caracterizada por uma determinada forma e por parâmetros de localização e dispersão.

Quando apenas temos presentes no processo *causas normais de variação*, o processo é considerado como estando *sob controlo estatístico*, sendo estável e previsível.

Por outro lado, as causas possíveis de serem identificadas são denominadas *causas assinaláveis* e são derivadas da falta de controlo do processo. São causas esporádicas e que não se inserem na distribuição seguida por uma característica quando o processo está *sob controlo estatístico*. Quando uma causa assinalável está também presente, diz-se que o processo está *fora de controlo estatístico* e a variação no processo será excessiva e provoca de um modo geral variações bastante superiores às provocadas pelas causas comuns.

Porém, a maioria das causas de variação são *causas normais de variação*, são individuais, inevitáveis e de uma relativa pequena importância, sendo também difíceis de detectar e identificar e técnica e economicamente não se justifica o seu controlo.

Embora seja praticamente impossível eliminar totalmente a variação provocada por *causas normais de variação*, deve procurar-se minimizar ao máximo a sua existência, sendo para isso possível recorrer à utilização de algumas das ferramentas da qualidade tais como o “*Planeamento de Experiências*” ou os “*Métodos de Taguchi*”.

Por seu lado, a detecção e eliminação ou redução das *causas assinaláveis* é geralmente feita por operacionais mais directamente relacionados com o processo. Sendo causas indesejáveis é indispensável a sua imediata eliminação quando detectadas.

As cartas de controlo permitem detectar as *causas assinaláveis* quando estas se manifestam, assumindo assim um papel de extrema importância na prevenção da ocorrência de *produto não conforme* e na redução de custos. Com efeito, várias são as vantagens decorrentes da implementação adequada de cartas de controlo.

(Besterfield, 1998; Pereira e Requeijo, 2008),

### **2.2.1 - Curva normal (Distribuição Gauss)**

A curva normal é uma distribuição simétrica em formato de sino onde a média, a mediana e a moda apresentam o mesmo valor. A curva de distribuição de uma população pode ser vista a partir de um histograma. Ao mesmo tempo que um histograma aumenta a informação contida, a precisão estimativa da curva aumenta.

A maioria das variações presentes na natureza e na indústria seguem a distribuição de frequência das curvas normais, tais como a variação no peso das pessoas e a velocidade entre animais. Assim, as variações na indústria como o peso de lingotes de ferro ou as dimensões de um segmento de pistão serão espectáveis de seguir uma curva normal. Utilizando um destes exemplos, quando consideramos as diferentes alturas de seres humanos é de esperar que uma pequena percentagem seja muito elevada (muito altos) e uma pequena percentagem bastante pequena (muito baixos), sendo que a maioria dos valores das alturas dos seres humanos rondem um valor médio. Assim, a curva normal é uma boa descrição da variação que ocorre nas características da qualidade na indústria sendo uma das técnicas base para o controlo da qualidade. Fenómenos industriais como fiabilidade ou falhas de equipamento não seguem a curva normal.

*(Besterfield, 1998)*

## **2.3 - Estatística**

A estatística pode ser caracterizada como sendo a recolha, análise, interpretação e tabulação de dados (de uma quantidade de informação) pertencente a qualquer disciplina ou grupo, em especial quando os dados são recolhidos e compilados de forma sistemática. Como exemplos deste conceito temos a estatística da pressão do sangue, a estatística de um jogo de futebol, estatística de emprego, estatística de acidentes, entre outros.

De uma forma mais vulgar a estatística pode ser denominada como a “ciência da tomada de decisão sobre incerteza”, ou ainda de uma forma mais prática, a estatística pode ser designada como um *kit* de ferramentas para ajudar na resolução de problemas.

*(Grant, 2001)*

A utilização da estatística no controlo da qualidade envolve todas as áreas de recolha e cada divisão depende da precisão e integralidade da área precedente. Isto é, a informação deve ser

recolhida por um técnico credenciado na medição dos valores a serem recolhidos. A informação deve ser depois registada de forma manual ou informática para posteriormente poder ser analisada. A análise pode envolver uma simples visualização superficial ou em outros casos cálculos exaustivos. Os resultados finais são interpretados e apresentados de forma a poderem assistir e auxiliar nas decisões relativas a factores da qualidade.

(Grant, 2001)

### **2.3.1 – Início do processo estatístico**

O controlo estatístico de processos iniciou-se primeiramente em processos de fabrico. No entanto, nos anos mais recentes outros processos como os utilizados por organizações de negócio e serviços têm reconhecido o poder e o quanto são úteis estas técnicas.

Em meados de 1924 os trabalhos do *Dr Walter Shewhart* nos laboratórios *Bell*, foram aplicados pela empresa *Western Electric Company* como forma de procurar solucionar a variação nos produtos por esta produzidos. Destes estudos saiu a primeira carta de controlo conhecida.

Mais tarde, *Shewhart* publica o livro *Economic Control of Quality of Manufactured Product*, onde aplica os seus estudos a controlos de aquecimento produzidos pela empresa *Wester Electric Company* e com a colaboração de membros do *Departamento da Garantia da Qualidade* dos laboratórios *Bell*.

(Juran, 2000)

Estes desenvolvimentos permitiram que o controlo estatístico entrasse definitivamente na indústria e em 1935 é lançado o *ASTM (American Society for Testing and Materials) Manual on Presentation of Data* onde são apresentados vários tipos de cartas de controlo, sendo este utilizado pela indústria durante vários anos.

(Juran, 2000)

### **2.3.2 - Recolha de informação**

A informação recolhida como base para a utilização do controlo da qualidade é obtida por observação directa e é classificada como *variáveis* ou *atributos*, sendo as primeiras as características que podem ser medidas, como por exemplo o peso e as segundas as características que podem ser classificadas como conformes ou não conformes relativo a um padrão especificado.

(Besterfield, 1998)

Existem dois métodos principais de recolha de informação, o *gráfico* e o *analítico*.

O método gráfico de recolha é uma fotografia da *distribuição da frequência*, onde é sumariada a forma como os dados observados ocorrem em cada subdivisão de valores observados ou grupos de valores observados.

O agrupamento das observações segundo um histograma mostra a ocorrência das observações em intervalos ordenados ao longo de uma escala.

A frequência para cada intervalo é o número de observações sendo a frequência relativa para cada intervalo a frequência desse intervalo dividida pelo número total de observações.

O histograma de frequências é um método muito útil na visualização da informação, sendo um conceito básico da estatística.

(*Besterfield*, 1998)

A distribuição de frequências é por vezes suficiente para solucionar muitos dos problemas de controlo da qualidade.

A qualidade de um material relativamente a uma característica particular como a resistência à tensão, temperatura, etc, é melhor representada por uma função de distribuição da frequência, que por uma constante de valor individual.

(*Committee E-11 on Quality and Statistics-ASTM manual series*, 1991)

Tabela 3 - Exemplo da distribuição da frequência adaptado de *Dale H. Besterfield*

NUMBER NONCONFORMING	TABULATION	FREQUENCY
0		15
1		20
2		8
3		5
4		3
5		1

### 2.3.3 - Diagramas de Pareto

Todos os problemas da qualidade aparecem sob a forma de perdas (itens defeituosos e custos). É por isso extremamente importante esclarecer a forma de distribuição das perdas. A maioria delas deve-se a alguns poucos tipos de defeitos, que podem ser atribuídos a uma pequena quantidade de causas. Assim, se as causas destes poucos defeitos vitais forem identificadas poderemos eliminar quase todas as perdas concentrando-nos sobre estas causas principais, deixando de lado numa abordagem preliminar os outros defeitos que são muitos e

triviais. Podemos resolver este tipo de problema de uma forma eficiente através da utilização de diagramas de pareto.

Os diagramas de pareto foram introduzidos por Alfredo Pareto (1848-1923) que se dedicou aos estudos da distribuição da riqueza na Europa. Os seus conceitos foram reconhecidos pelo Dr. Joseph Juran que deste modo levou à sua aplicação no controlo da Qualidade.

Um diagrama de pareto é um gráfico que classifica a informação em ordem descendente da esquerda para a direita. A classificação da informação pode ser por problemas, causas, tipos de não conformidades e outras. Os menos importantes ficam no lado direito e os mais importantes no lado esquerdo.

(*Besterfield, 1998*)

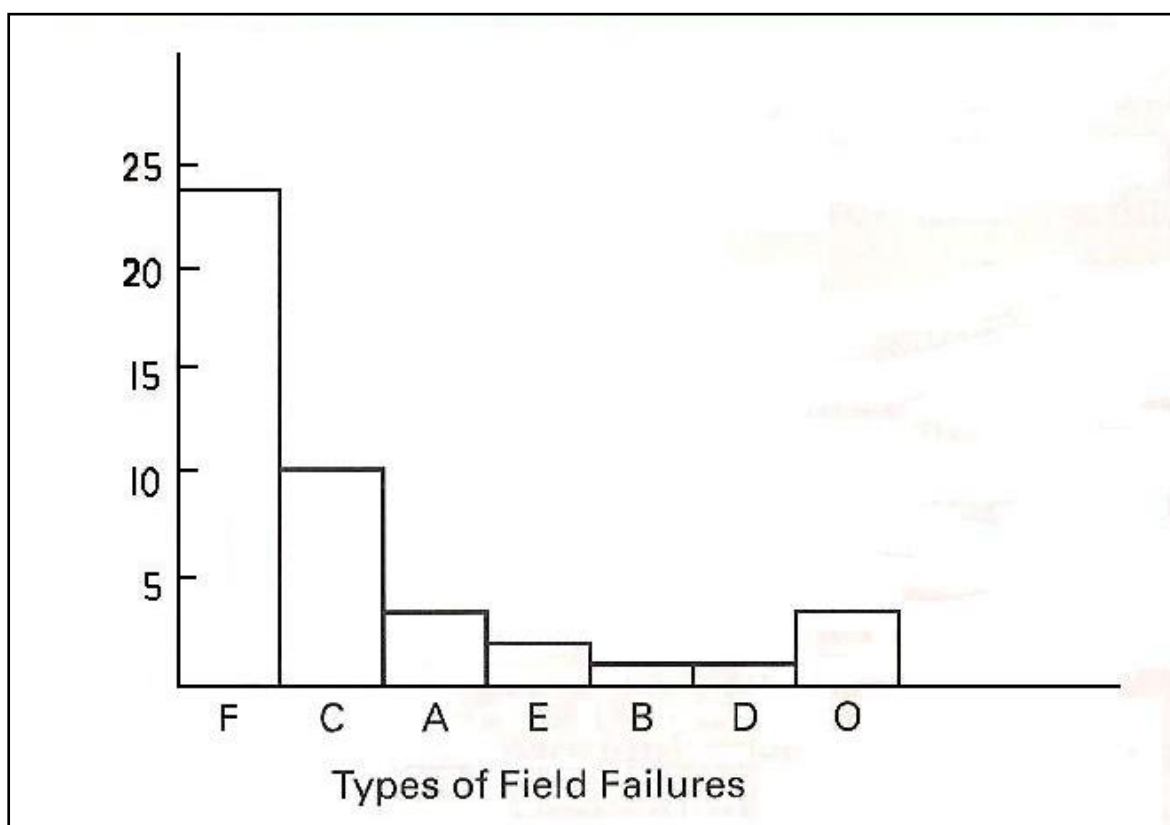


Figura 9 - Diagrama de Pareto adaptado de (*Besterfield, 1998*);

Legenda da figura (tradução para português):

Tipos de falhas em serviço.

### 2.3.4 – Histogramas

A utilização de histogramas é uma das formas de representação da distribuição de frequência.

O histograma descreve a variação num processo mostrando a sua capacidade como a relação entre as especificações e a nominal. Através dos histogramas é também possível mostrar a forma da distribuição de uma população e indicar se existem espaços entre a informação.

A análise de histogramas permite fornecer informação relativa a especificações e a relação destas com a forma de distribuição das frequências da população e sobre um problema de controlo da qualidade em particular.

(Besterfield, 1998)

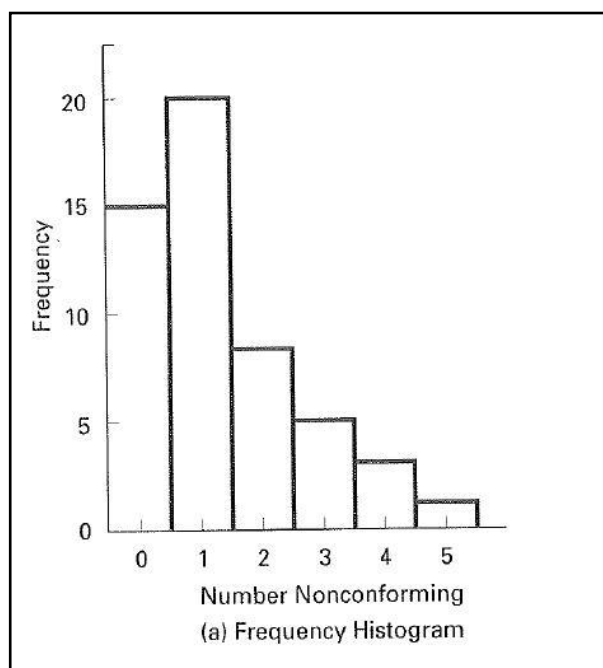


Figura 10 – Histograma de distribuição da frequência. Adaptado de (Besterfield, 1998);

### 2.3.5 - Recolha de dados para Cartas de Controlo

Se a recolha de dados não for realizada convenientemente pode correr-se o risco de todas as conclusões retiradas com a aplicação das cartas de controlo estarem erradas ao indicarem situações que realmente não estão a ocorrer. As unidades constituintes de uma amostra devem obedecer a determinados requisitos sendo também importante definir a dimensão da amostra e a frequência da amostragem.

Um dos objectivos principais das cartas de controlo é detectar as alterações que ocorrem no processo ao longo do tempo, nomeadamente as mudanças provocadas por causas especiais de variação também chamadas de *causas assinaláveis*. Neste caso, as amostras devem obedecer ao princípio dos subgrupos racionais, ou seja, as amostras devem ser seleccionadas de forma a

maximizar a probabilidade de se detectarem as diferenças entre subgrupos e a minimizar a probabilidade de se detectarem as diferenças dentro dos subgrupos.

Tal significa que se deve poder atribuir a variação entre amostras a *causas assinaláveis* e a variação dentro das amostras a *causas normais de variação* e como tal as amostras devem ser homogéneas. Assim, as amostras devem ser retiradas a intervalos regulares ao longo do ciclo produtivo procurando-se que dentro de cada amostra as unidades tenham sido produzidas consecutivamente de forma análoga. Este tipo de amostragem também permite determinar uma melhor estimativa do desvio padrão do processo quando se faz o controlo por variáveis contínuas.

Há outros métodos para a selecção e formação de amostras. Por exemplo, se as unidades forem produzidas por diversas máquinas só se justificará estabelecer uma carta de controlo comum a todas as unidades se estudos anteriores, baseados por exemplo em testes de hipóteses sobre parâmetros, tiverem mostrado que não há diferenças significativas entre as máquinas. Caso contrário, deverá ser implementada uma carta para cada máquina. Isto significa que deve haver o cuidado de não se misturar na mesma amostra unidades provenientes de populações diferentes sendo de toda a conveniência que a organização disponha de procedimentos formalizados que evitem este tipo de situação.

(Requeijo, 2008)

### **2.3.6 - Medições**

A veracidade da resposta é fundamental para o controlo de qualquer sistema ou processo. Sem uma resposta correcta as empresas falham no reconhecimento das oportunidades. Uma resposta derivada de medições concretas e efectivas dá aos gestores um melhor controlo nas suas áreas de responsabilidade, seja num departamento, plataforma, área ou divisão.

Sem medições concretas os Gestores não são capazes de entender a realidade de como o processo trabalha bem como dos seus problemas e claro está, não conseguem entender qual a melhor forma de planear de forma a atingir melhorias no seu processo.

Por isso, obter uma boa performance nas medições do processo ou produto é o primeiro passo que uma empresa deve levar a cabo de forma a melhorar a qualidade, produtividade, vendas e lucros. Tendo as medições como objectivo principal o de fornecer aos intervenientes nas responsabilidades do negócio (processos) uma precisa e inequívoca informação que lhes diga



de forma clara o que querem ao certo saber do processo a fim de poderem com base nelas tomar decisões e acções.

Assim, é fundamental saber ao certo o que dizem as medições efectuadas ao produto e se o método de medição utilizado é o mais correcto e apropriado para o controlo dimensional da peça. Para isso é importante saber se as medições nos dão respostas a algumas questões importantes e fundamentais para ser possível uma gestão correcta do processo produtivo, tais como:

- Mostrar a estabilidade do processo num período de tempo (estamos melhores ou piores que a semana transacta?).
- Quais os limites, inferiores e superiores que garantem a melhor performance do processo de produção.
- As alterações efectuadas resultaram em melhorias?
- O que é que não está a funcionar como deveria? (o que está mal?)
- Quais os departamentos responsáveis pelo problema e se precisam de ajuda?
- Onde está a maior oportunidade para a melhoria?
- Onde deverão ser investidos os recursos para um maior retorno?
- Que técnicas são viáveis para a produção?
- Qual é o método mais económico e confiável de fazer a medição?
- Qual a expectativa nos próximos 3 ou 6 meses?

É importante ainda ter em conta a relação entre o grau de precisão das medições utilizadas e a realidade do valor de medida a ser estudado. Um elevado grau de precisão nas medições do processo e/ou produto nem sempre implica uma melhoria da qualidade e produtividade de uma empresa. O que realmente é importante é a consistência do *reporting* dessas mesmas medições e por isso é importante alcançar-se um nível de informação que implique que qualquer alteração na performance das medições garanta um indicador de confiança de uma alteração na performance do processo.

É claro que devem ser feitos os esforços possíveis de forma a tornar os dados e toda a informação o mais completa e precisa possível, mas deverá ter-se em conta que alcançar a perfeição por vezes só vai aumentar a recolha de dados e os custos do seu tratamento levando a atrasar a produção de relatórios, aumentando os custos das medições sem trazer acréscimo significativo de melhoria da qualidade da informação.

Um aspecto muito importante e por vezes descurado é a facilidade de interpretação das medições fornecidas. Se as medições não são fáceis de entender, muito provavelmente a sua informação será deturpada, ou muito certamente elas não serão utilizadas de todo. É por isso importante que sejam utilizados termos que sejam do conhecimento de todos os que estão implicados no processo, evitando a utilização de rácios abstractos e percentagens de desvio, entre outros.

As medições devem também conter apenas informação que seja relevante a quem as recebe e que tenha impacto nas responsabilidades do utilizador.

(Kaydos 1999);

### **2.3.7 – Repetibilidade e Reprodutibilidade**

O termo repetibilidade é utilizado como forma de expressar a aproximação entre os resultados de medições sucessivas de uma mesma grandeza efectuadas nas mesmas condições, isto é, o mesmo método de medição, o mesmo observador, o mesmo instrumento de medida, o mesmo local, as mesmas condições de utilização e em intervalo de tempo curto entre medições e é representado pela letra  $r$ .

A repetibilidade expressa a variação resultante da incapacidade do instrumento de obter repetidamente um mesmo resultado e da incapacidade do operador de operar e ler exactamente da mesma forma vezes seguidas. É por isso um indicador da consistência das medidas e pode ser expressa quantitativamente em termos da dispersão dos resultados pela seguinte expressão:

$$r = 1.96 \ 2 \sigma_1$$

Em que  $\sigma_1$  corresponde ao desvio padrão.

A reprodutibilidade representada pela letra  $R$ , corresponde à expressão do erro associado a operadores em laboratórios distintos ou em condições operativas diferentes por aplicação do mesmo método e a sua determinação pode ser obtida a partir da expressão:

$$R = 1.96 \ 2 \ \sigma + \sigma_2$$

Onde  $\sigma_2$  representa o desvio padrão aplicável a todas as causas de variabilidade de resultados além das causas referentes à repetibilidade.

A repetibilidade e a reprodutibilidade são factores indispensáveis para a garantia de resultados fiáveis.

### **2.3.8- Capacidade de inspecção**

É importante que o fornecedor assegure capacidade de inspecção e detecção de eventuais não conformidades nos produtos produzidos.

Deste modo deve ser assegurada capacidade de inspecção do produto em várias fases do processo produtivo bem como a correcta identificação dos requisitos dos recursos e providenciar os meios adequados, incluindo a atribuição de pessoal treinado para as actividades de gestão, execução e verificação do trabalho. Deve estabelecer e manter procedimentos documentados para verificação, armazenamento e conservação do produto fornecido.

O estado de inspecção e ensaio do produto deve ser identificado através de meios adequados que indiquem a conformidade ou não conformidade do produto relativamente às inspecções e ensaios realizados. A identificação do estado de inspecção e ensaio deve ser mantida como definido no plano da qualidade e/ou nos procedimentos documentados ao longo da produção, instalação e assistência após venda do produto para assegurar que apenas o produto aprovado nas inspecções e ensaios requeridos (ou cuja liberação é autorizada sob condições especiais) é expedido, utilizado ou instalado.

*Requisitos do sistema da Qualidade (NP EN ISO 9001)*

## **2.4 - Cartas de controlo**

Uma carta de controlo é um método gráfico de controlo que fornece um critério para a detecção de falta de controlo estatístico, isto é, permite detectar quando as variações observadas em qualidade são maiores do que podem ser.

*(Committee E-11 on Quality and Statistics-ASTM manual series, 1991)*

### **2.4.1 - Definição das cartas de controlo**

As cartas de controlo são uma das ferramentas estatísticas mais usuais e efectivas para a monitorização de um processo produtivo.

Trata-se de uma ferramenta poderosa no controlo e melhoria do processo que mostra a evolução ao longo do tempo de uma estatística referente a uma determinada característica da qualidade, permitindo identificar a presença de *causas especiais* de variação e concentrar as

acções no sentido da melhoria continuada da capacidade de produzir de acordo com as especificações desse processo de forma a mante-lo no estado *sob controlo estatístico*. Utiliza para isso os limites de controlo como uma forma de decisão em tempo real do andamento do processo.

Um processo diz-se que está *sob controlo* quando só existirem *causas aleatórias* de variação e *fora de controlo* quando se verifica a presença de *causas assinaláveis*.

Aquando da utilização das cartas de controlo, em norma, o processo deve estar estável. As causas para o descontrolo do processo são identificadas e são tomadas acções correctivas de forma a tornar o processo estável e melhorar a sua qualidade.

As cartas de controlo são também muito aplicáveis como “tomadoras de decisões” pois o seu modelo gerado permite determinar se as ideias tomadas são boas, más ou mesmo se não têm o mínimo efeito no processo.

(Pires, 2007)

#### **2.4.2 – Em que consistem as cartas de controlo**

Uma carta de controlo é composta por uma linha média e limites de controlo que são construídos com base na amostragem retirada ao longo do processo de produção e que mostram a evolução ao longo do tempo de uma estatística referente a uma determinada característica da qualidade possibilitando a sua supervisão.

Nas cartas de controlo os limites de controlo superior e inferior marcam a evolução dos valores estatísticos das amostras e a linha média ajuda à detecção da tendência dos valores marcados em relação a qualquer dos limites de controlo.

Para a determinação dos limites de controlo são calculadas as estatísticas, média, amplitude e variância com base na amostragem utilizada.

Num processo *sob controlo estatístico*, a distribuição deve ser perfeitamente aleatória no intervalo compreendido entre os limites de controlo superior e inferior. Se um ou mais pontos da distribuição não se encontrar entre os limites de controlo superior e inferior, pode inferir-se que o processo está fora de controlo estatístico

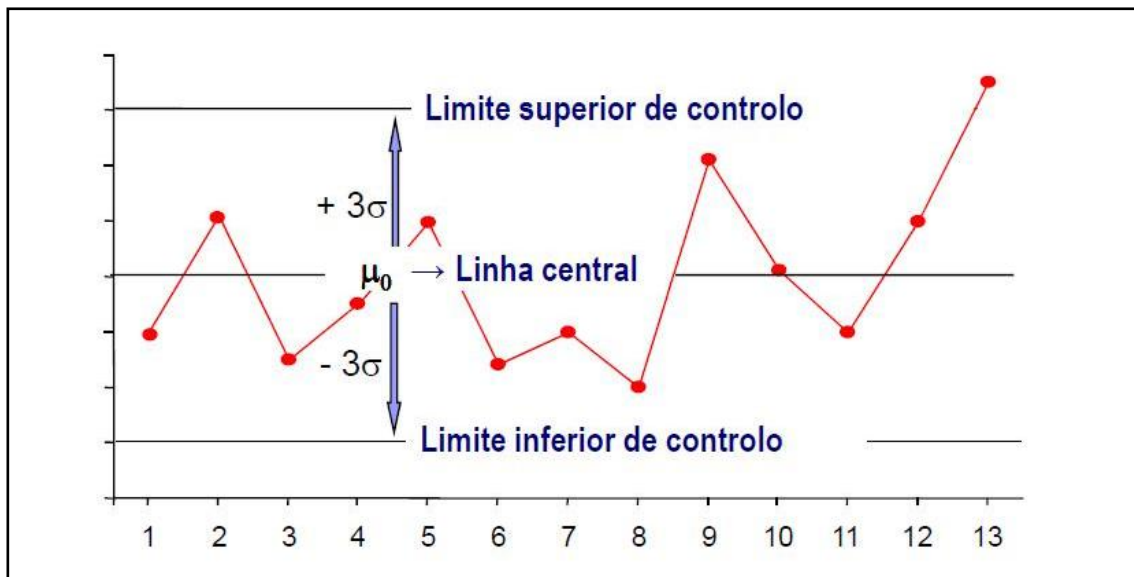


Figura 11 – Representação da forma geral das cartas de controlo de *Shewhart*

Existem casos onde a distribuição apresenta uma tendência especial ou sistemática e não um comportamento aleatório embora todos os pontos estejam entre os limites de controlo superior e inferior, o que indica a presença de causas especiais de variação. Quando uma ou mais causas especial de variação são detectadas, a razão da sua presença deve ser investigada de forma a estabelecerem-se as correspondentes acções correctivas.

Os limites de controlo superior e inferior e a linha central de uma carta de controlo, assumindo que os valores da estatística  $w$  seguem uma distribuição aproximadamente normal, são dados por:

$$\begin{aligned} LSC &= \mu + 3\sigma \\ LC &= \mu \\ LIC &= \mu - 3\sigma \end{aligned}$$

Constata-se portanto que os limites de controlo definidos por *Shewhart* estão localizados a  $\pm 3\sigma$  da linha central. Supondo que  $w$  é normalmente distribuída, isto significa que a probabilidade de um qualquer ponto se situar entre os limites de controlo é de 0,9973.

De acordo com os princípios preconizados por *Shewhart*, sempre que um ponto se situar fora dos limites de controlo assume-se que tal é devido a *causas especiais de variação*, ou seja, considera-se que o valor correspondente a esse ponto não pertence à distribuição da estatística que se está a controlar. Existe portanto um risco  $\alpha$  igual a 0,27% de um ponto ainda pertencente à distribuição de  $w$  estar fora dos limites de controlo. Adoptando este critério de

370 em 370 pontos, existirá em média, um falso alarme pois supõe-se erradamente que o valor de  $\omega$  não pertence à distribuição que se está a considerar.

(Pereira e Requeijo, 2008)

### 2.4.3 - Tipos de cartas de controlo

Existem vários tipos de cartas de controlo e sendo que as características dos produtos e parâmetros dos processos não têm todas a mesma importância, os métodos de controlo devem ser proporcionais às consequências de deixar passar produtos defeituosos ou trabalhar em condições anormais. Neste sentido haverá que adequar as cartas de controlo à criticidade do que se pretende controlar. Dentro das cartas de controlo mais vulgarmente utilizadas podem considerar-se dois grandes grupos, as *cartas de controlo de variáveis*, e as *cartas de controlo de atributos*.

*Cartas de controlo de variáveis* são um tipo de cartas que têm como objectivo, o de acompanhar directamente os valores das características susceptíveis de serem expressas numa escala quantitativa contínua, como por exemplo dimensões e peso. Neste caso, dado a dispersão da população não depender unicamente da medida de tendência central, devem ser construídas cartas de controlo para controlar o parâmetro de localização (centralidade) e para controlar o parâmetro de dispersão da população. Dentro deste tipo de cartas de controlo podemos considerar as seguintes:

- Cartas para médias e amplitudes ( $\bar{X}, R$ );
- Cartas para médias e desvio padrão ( $\bar{X}, s$ );
- Cartas de valores individuais e amplitudes móveis;

Por sua vez, as *cartas de controlo de atributos* são utilizadas quando não é possível exprimir as características de uma forma quantitativa e numa escala contínua. Nesses casos é vulgar inspecionar as unidades de acordo com determinados critérios e classifica-las como *conforme* ou *não conforme* ou *não defeituoso* ou *defeituoso*, ou proceder-se à contagem do número de defeitos. Geralmente consideram-se como unidades *não conformes* aquelas que têm a sua funcionalidade afectada, enquanto os defeitos detectados numa ou mais unidades do produto podem não afectar as características funcionais.

É evidente que devem ser definidos, caso a caso, as características que permitem classificar uma unidade como *não conforme*, bem como especificar o que se considera um defeito. Dessa

forma, cada organização é que deve definir o que entende por unidade *conforme* ou *não conforme*, bem como proceder a uma caracterização e listagem de defeitos.

Dentro das *cartas de controlo de atributos* podemos considerar as seguintes:

-Cartas para defeituosos que se dividem em:

-Cartas para números de *não conforme* (tipo *np*)

-Cartas para proporção de *não conforme* (cartas tipo *p*).

-Cartas para defeitos que por sua vez se dividem em:

Cartas para números de *não conforme* (tipo *c*)

Cartas para *não conforme* por unidade (tipo *u*).

As *cartas de controlo de atributos* são mais adequadas para fornecerem uma imagem global da qualidade do processo do que para controlar características de uma forma individualizada. (Pereira e Requeijo, 2008; Pires, 2007)

Tabela 4 – Tipos de Cartas de Controlo. Tabela retirada de “*Qualidade: Planeamento e Controlo Estatístico de Processos* (2008)”

Carta de Controlo	
Variáveis	Atributos
Média e Amplitude Carta $\bar{X}$ e Carta $R$	Proporção de unidades não conformes Carta $p$
Média e Desvio Padrão Carta $\bar{X}$ e Carta $S$	Número de unidades não conformes Carta $np$
Média e Variância Carta $\bar{X}$ e Carta $S^2$	Número de defeitos Carta $c$
Mediana e Amplitude Carta $\tilde{X}$ e Carta $R$	Número de defeitos por unidade Carta $u$
Observações Individuais e Amplitudes Móveis Carta $X$ e Carta $MR$	

#### 2.4.4 - Cartas de controlo de variáveis de valores individuais

As cartas de controlo de variáveis de valores individuais são utilizadas quando por razões operacionais só é possível obter um valor por amostra ou lote ou quando se trata de testes ou ensaios destrutivos. Esta situação carece de cuidados especiais, essencialmente ao nível de:

- Verificação da normalidade
- Seleção de subgrupos
- Interpretação da carta

Neste tipo de cartas, os limites de controlo podem ser directamente comparados com a especificação e devem ser calculados seguindo a regra prática habitualmente seguida na aplicação das cartas de controlo de variáveis, onde deverão ser recolhidas entre 25 a 30 amostras de uma dimensão de 4 ou 5, perfazendo no mínimo um total de 100 observações individuais. No entanto, há autores que não concordam com esta prática. *Quesenberry* afirma que tal critério não é suficientemente seguro para afirmar que os limites de controlo calculados são bons estimadores dos verdadeiros limites de controlo e estabelece a seguinte relação entre o número de amostras ( $m$ ) e a dimensão da amostra ( $n$ ).

$$m \geq \frac{400}{(n-1)}$$

De acordo com esta regra, se a dimensão da amostra for igual a 5, teriam de ser recolhidas pelo menos 100 amostras para restabelecer os limites e estimar os parâmetros do processo e não apenas 25 ou 30 amostras que é a prática corrente. O mesmo autor demonstra que quando se utilizam observações individuais em vez de amostras, o número mínimo de dados a recolher na fase 1 deverá ser de  $N=300$ .

No caso de não ser possível este tipo de amostragem, como por exemplo nos casos em que a amostra é formada por uma única observação individual, deve então utilizar-se a técnica da média e/ou amplitude móvel (média ou amplitude de 2 valores consecutivos) recorrendo-se a amostras constituídas por observações consecutivas.

(*Pereira e Requeijo, 2008, Pires, 2007*)

#### 2.4.5 - Cartas de controlo de variáveis de amplitude móvel

Estes tipos de cartas são úteis quando as medições são muito caras, quando os testes são destrutivos, quando não é possível a recolha de amostras com mais de uma observação ou



ainda quando há sistemas computadorizados de medição e são feitas medições de todas as unidades.

A situação mais corrente na prática é formar amplitudes móveis de dois valores, as quais são dadas por:

$$|X_2 - X_1|, |X_3 - X_2|, \dots, |X_m - X_{m-1}|$$

A linha central da carta R é a média dos m valores da variável;

$$LC_R = \bar{R} = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m R_i$$

(Pereira e Requeijo, 2008)

#### **2.4.6 - Pré-requisito para a implementação de Cartas de Controlo**

Para que a utilização das cartas de controlo e o consequente Controlo Estatístico do Processo possa ser realmente efectivo numa organização, alguns passos preparatórios devem ser assegurados:

1º- Criação de um ambiente adequado pela Direcção da empresa

Esse ambiente deve estabelecer condições de avaliação do trabalho efectuado pelos operários e pelas secções com base não apenas na quantidade produzida mas também na qualidade. Igualmente, é necessário o reconhecimento daqueles que apresentam trabalho que sirva de exemplo. Deverá ser reconhecido o direito dos operadores e supervisores bem como os demais colaboradores se orgulharem do rigor que ponham na aplicação das técnicas do CEP (Controlo Estatístico do Processo) e dos óptimos resultados alcançados. Deverá existir um ambiente livre de medo para que possam ser procuradas as causas que afectam os processos sem receio de culpas atribuídas ou de sanções.

2º- Definição e compreensão do processo

O processo deve ser definido e compreendido no que respeita à influência dos vários elementos que presidem ao desenrolar do próprio processo: mão-de-obra, ferramentas, materiais, métodos e meio ambiente. Estes elementos afectarão as características dos produtos ou componentes processados relativamente às especificações dos clientes/utilizadores.

3º- Determinação das características a tratar estatisticamente.

Deve concentrar-se a atenção nas características que mais poderão contribuir para a melhoria do processo atendendo às necessidades dos clientes, às áreas de problemas correntes e potenciais e à correlação entre as próprias características.

#### 4º- Definição do sistema de medida

Os equipamentos de medida devem possuir adequada precisão e exactidão. As unidades escolhidas para as medidas devem ser de tão amplo conhecimento na fábrica quanto possível para permitirem uma troca de informação facilmente compreendida pelos executantes.

#### 5º- Minimizar a variação desnecessária

Devem diminuir-se tanto quanto possível antes de iniciar o CEP as causas de variação que sejam evidentes. Embora essas causas possam ser resolvidas após a utilização de gráficos de controlo, muitas vezes a sua influência é óbvia e a supressão dessas causas de variação evita preocupações e problemas futuros no ajuste do controlo. Deverá existir em todos os casos um registo em que se anotam todos os acontecimentos importantes tais como mudanças de ferramentas, etc. A existência deste caderno facilitará a posterior resolução de problemas.

*(Pereira e Requeijo, 2008)*

### **2.4.7 - Fases de elaboração de uma Carta de Controlo**

O procedimento de construção de uma carta de controlo é portanto um processo iterativo sendo habitual distinguir duas fases na sua implementação, a fase 1 e a fase 2.

A fase 1, na qual ainda se desconhecem os parâmetros do processo, corresponde a um controlo retrospectivo do processo enquanto a fase 2 em que os parâmetros do processo já foram estimados anteriormente, refere-se à monitorização propriamente dita do processo.

A fase 1 deve seguir várias etapas com a finalidade da construção das cartas de controlo, sendo que estas se baseiam em dois pontos, a recolha de dados e o controlo e análise dos mesmos.

Nesta fase, o processo está a decorrer e os dados das características em estudo são reunidos e registados de forma que possa ser traçado um gráfico representativo do estado do processo. Estes dados podem ser relativos a uma dimensão medida numa peça maquinada, a tempos de passagem de máquina, ao número de erros detectados, etc.

Os limites de controlo do gráfico são calculados com base nos dados anteriormente recolhidos e reflectem a variação que é previsível devido à presença de causas comuns sendo desenhados num gráfico que irá servir de guia para a análise do processo. Os limites de controlo não são o mesmo que os limites de especificação ou os objectivos, mas são indicadores da variabilidade natural do processo.

Os dados vão sendo comparados com os limites de controlo de forma a verificar-se se a variação se mantém estável e se resulta unicamente de causas comuns. Se causas especiais estiverem presentes, o processo é estudado com o sentido de descobrir o que o está a afectar. As acções correctivas deverão ser tomadas localmente e novos dados devem ser recolhidos e os limites de controlo recalculados e quaisquer causas especiais adicionais presentes são estudadas e eliminadas.

As etapas propostas para a construção da fase 1 de uma carta de controlo são:

1-Selecionar a característica da qualidade a ser medida. Esta deve ser expressa em números e utilizar unidades universais tal como, comprimento, peso, tempo, temperatura ou energia, velocidade, pressão. Deve ser dada prioridade à selecção das características da qualidade que afectam a performance do produto e que criem maiores dificuldades na produção e maiores custos. A sua selecção pode basear-se inicialmente num diagrama de causa efeito e ser complementada por estudos de correlação entre parâmetros do processo.

2-Desenvolver um plano de controlo onde conste a dimensão da amostra, a frequência de amostragem, o equipamento de medição e o método de medição.

3-Selecionar o tipo de carta em função da estatística (ou estatísticas) da amostra a monitorizar. Devem ser analisados os tipos de dados disponíveis, a sua aplicação, as vantagens e desvantagens dos diferentes tipos de cartas, bem como a sua aplicabilidade.

4-Recolher  $m$  amostras de dimensão  $n$  retiradas de acordo com a sequência regular da produção durante um determinado período de tempo. Na recolha deve ter-se em conta entre outros factores a suspeição de causas de variação como, turnos diferentes que levem a utilização de máquinas e operadores diferentes, materiais diferentes, condições de processo diferentes, etc. No fundo, a condição básica exigida é que os itens de cada amostra tenham

sido produzidos dentro das mesmas condições. É muito importante nesta fase fazer o registo e garantir um histórico de informação que virá a ser útil em etapas seguintes.

5-Calcular as estatísticas a controlar para cada uma das  $m$  amostras e ter em conta a adequação das cartas às condições reais de trabalho.

6-Determinar os limites de controlo e a linha central, tendo por base as estatísticas calculadas a partir das  $m$  amostras.

7-Verificar a existência de causas especiais de variação, (Interpretação das cartas).

A informação preliminar dever ser analisada avaliando se existem por exemplo pontos que se apresentam fora dos limites de controlo. No caso de existirem pontos fora dos limites definidos, então podemos afirmar que existem causas especiais de variação presentes no processo e concluir que o processo está no estado fora de controlo.

No caso de não existirem pontos fora dos limites de controlo, podemos no entanto também ter a presença de causas especiais de variação, pois neste caso não há teste estatístico que nos possa garantir a 100% a sua inexistência. Até nos melhores processos de produção ocorrem erros que podem constituir causas de variação assinaláveis, mas podem no entanto não constituir bases que levem a tomada de acções.

Na análise da informação preliminar deve ter-se em conta não só se, existem pontos fora dos limites de controlo, como se existem outro tipo de situações típicas de um processo fora de controlo, tais como:

- Movimentos cíclicos de valores para acima e para baixo, que nas cartas das médias pode significar a existência de efeitos sazonais e/ou rotação de operadores.

Por seu lado, na carta de amplitudes pode significar fadiga do operador e/ou problemas de manutenção.

- Tendências. Uma má tendência pode ser causada devido a desgaste da ferramenta. Uma boa tendência deriva de uma melhoria do desempenho do processo.

- Descentramentos, que podem significar mudanças no *setup* das máquinas ou alterações nas condições ambientais.

-Pontos isolados fora de controlo (picos). Podem significar defeitos no material ou ainda expressar fases de arranque ou de paragens na produção.

8-Eliminar os pontos que denotam a existência de causas especiais de variação.

Através do histórico da informação guardada aquando da selecção das amostras devem ser estudadas as causas de cada ponto fora de controlo, eliminando essas amostras da informação de forma a poder ser feito novo cálculo dos limites de controlo.

9-Determinar os limites revistos e a linha central.

Recalcular o novo valor central bem como os novos limites sem os valores dos pontos fora dos limites de controlo.

10-Construir a carta de controlo revista.

11-Verificar se o processo apresenta unicamente causas comuns de variação.

Se alguns pontos continuarem fora dos novos limites, estes passos deverão ser repetidos até os pontos estarem todos dentro dos limites de controlo da carta.

A verificação da estabilidade do processo é um dos grandes objectivos desta fase 1 do controlo estatístico de processos. Um outro objectivo de extrema importância, consequência da concretização do anterior, é a estimação da média e da variância do processo.

Com as estimativas dos parâmetros do processo é possível então, verificar se todas as unidades produzidas satisfazem a especificação técnica e é possível determinar a capacidade do processo entendida como sendo a aptidão do mesmo para produzir consistentemente dentro dos limites de especificação. Com isto dá-se início à fase 2.

Fase 2.

Nesta fase e considerando que já foram definidos a característica, o plano de controlo e o tipo de carta, deve-se ter em conta a melhoria da capacidade do processo.

Depois de eliminadas as causas especiais o processo deverá atingir o estado sob controlo estatístico e até que a melhoria contínua do processo tenha efectivamente lugar, o processo deve ser investigado, a recolha de dados e posteriores acções de gestão devem ser tomadas para melhorar o sistema, sendo que estas fases devem ser indefinidamente repetidas,

trabalhando para reduzir a variação do processo operando-o num estado de controlo estatístico e melhorar sempre a sua capacidade.

Na maioria dos casos, o processo deve estar centrado no valor nominal especificado. Os processos optimizados produzem produtos que apresentam pouca variação devido a causas comuns.

As etapas propostas para a construção da fase 2 de uma carta de controlo são:

- 1-Representar no gráfico o  $LIC$ ,  $LC$  e  $LSC$  definidos na fase 1.
- 2-Recolher a amostra  $i$ , determinar a estatística  $w_i$  e representar o valor no gráfico.
- 3-Verificar se esse valor corresponde a uma causa especial de variação.
- 4-Caso se detecte uma situação de fora de controlo, identificar a causa e implementar acções correctivas.
- 5-Recolher a amostra  $i+1$ , calcular  $w_{i+1}$ , representando no gráfico o respectivo valor.
- 6-Proceder sequencialmente de acordo com os pontos 3,4 e 5.

(Requeijo e Pereira, 2008)

#### **2.4.8 – Situações mais comuns de variação anormal e fora de controlo**

Na interpretação das cartas podem ocorrer situações de variação anormal e fora de controlo mesmo no caso de todos os pontos estarem dentro dos limites de controlo. Dessas situações destacam-se as mais comuns que são normalmente expressas por:

-Alteração do nível.

Estas situações acontecem quando temos:

- 7 ou mais pontos sucessivos do mesmo lado da linha média.
- 10 em 11 pontos do mesmo lado da linha média
- 12 em 14 pontos do mesmo lado da linha média
- 16 em 20 pontos do mesmo lado da linha média.

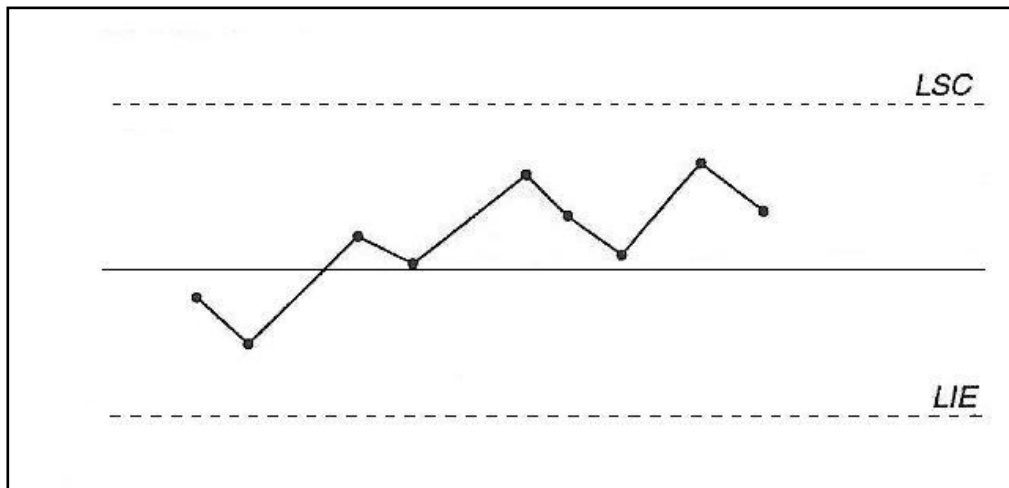


Figura 12- Exemplo que processo que evidência alteração de nível, adaptado de (Pires, 2007)

-Tendência (uma única direcção).

Quando existe uma tendência nos valores da carta que espelham uma única direcção, podemos estar perante a existência de causas previsíveis.

As tendências podem ser más tendências, espelhando por exemplo o excessivo desgaste da ferramenta, mas por seu lado podem também ser boas tendências e mostrando assim uma melhoria no desempenho do processo.

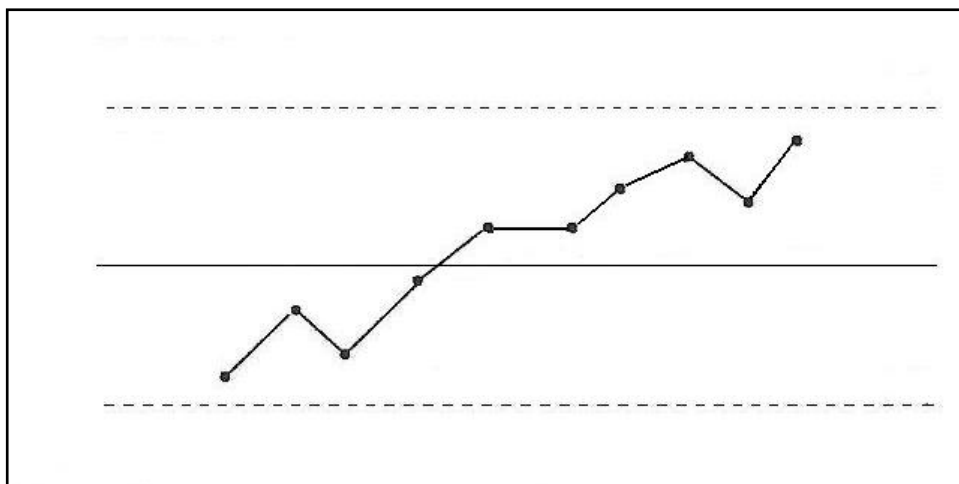


Figura 13- Exemplo que processo que evidência existência de causas previsíveis, adaptado de (Pires, 2007)

-Pontos próximos dos limites de controlo.

Quando temos 2 pontos em 3 na zona A, e 4 pontos em 5 na zona B (figura 14).

Segundo o exemplo da figura 13 e 14 respectivamente.

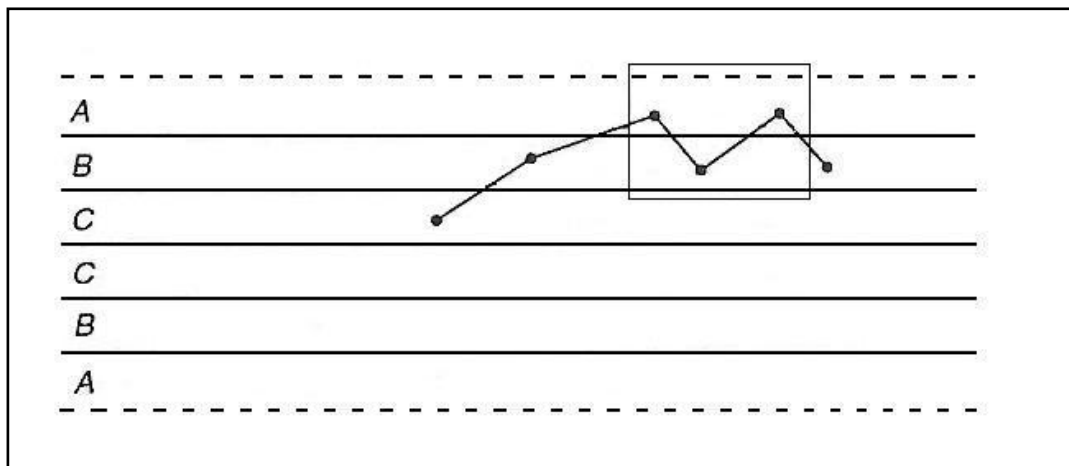


Figura 14- Exemplo que processo que evidência pontos próximos dos limites de controlo, adaptado de (Pires, 2007)

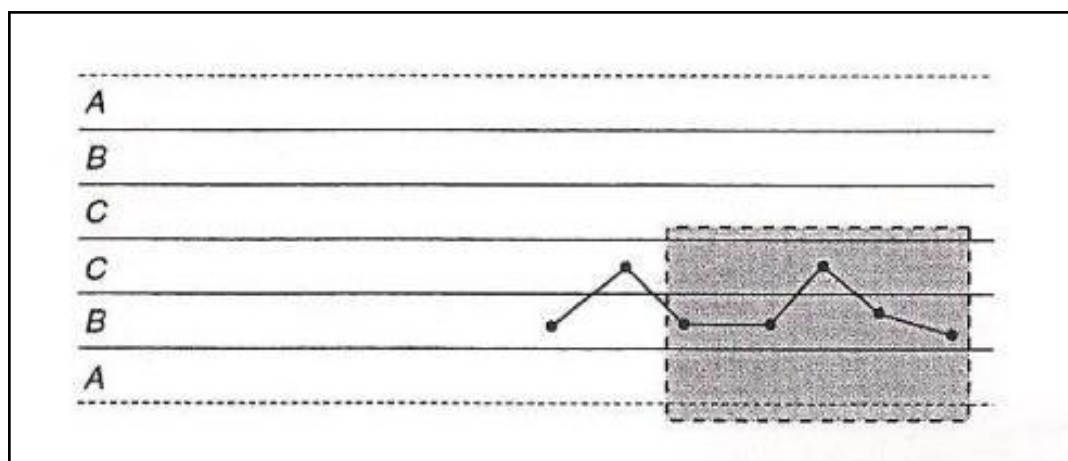


Figura 15- Exemplo que processo que evidência alteração de nível, adaptado de (Pires, 2007)

-Aproximação dos pontos à linha central.

Esta situação pode ser resultante de processos de melhoria ou no caso de existir no processo demasiadas causas de variação.



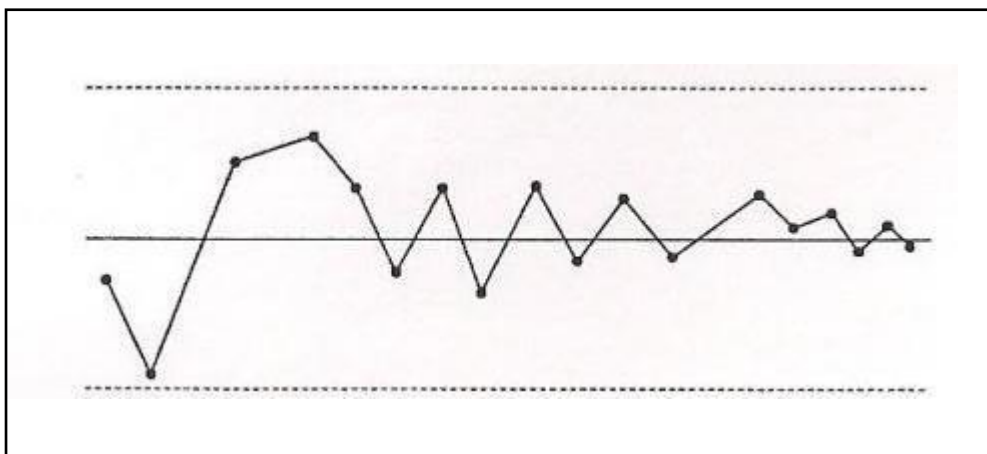


Figura 16- Exemplo de processo que evidência aproximação da linha central, adaptado de (Pires, 2007)

-Ciclos recorrentes.

Quando é notório um comportamento cíclico. Esta situação pode indicar a presença de causas sazonais.

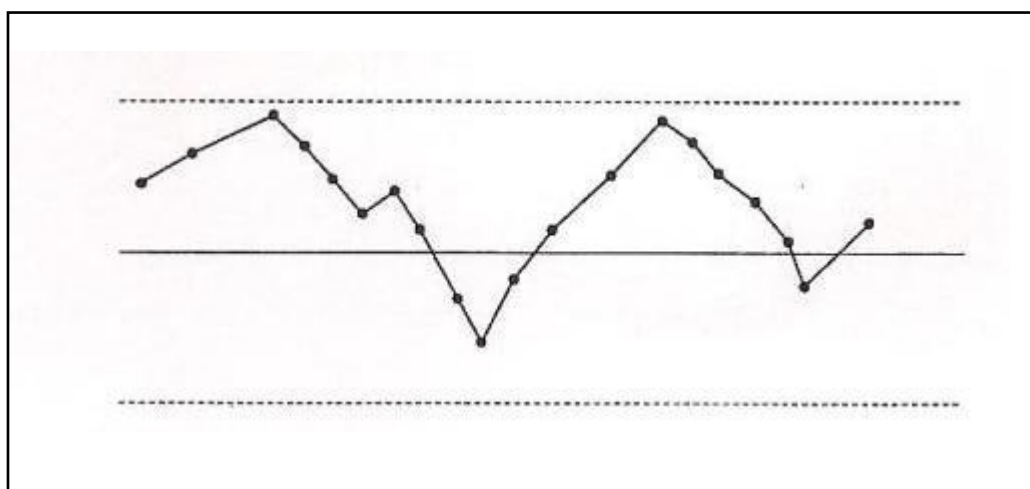


Figura 17- Exemplo que processo que evidência presença de ciclos recorrentes, adaptado de (Pires, 2007)

## 2.5 – Capacidade do processo e da inspeção

As cartas de controlo mostram se o processo está ou não sob controlo estatístico. No entanto, é também necessário saber se o processo tem capacidade de produzir de acordo com as especificações estabelecidas para o produto, sendo que as especificações impostas devem sempre ponderar se o processo é ou não capaz de produzir de acordo com elas.

Desta forma, o estudo da capacidade é um método que é utilizado para avaliar se o processo tem capacidade de produzir de acordo com as especificações estabelecidas para o produto. A capacidade do processo reflecte assim a variação devida a *causas comuns*. A análise da capacidade do processo consiste em comparar a distribuição de uma determinada característica do produto com as especificações previamente estabelecidas, tendo como principais objectivos avaliar novos equipamentos ou novos métodos de inspecção, comparar equipamentos antes e depois de reparações e ajustes e comparar técnicas de inspecção entre fornecedores e entre fornecedores e clientes.

Quando falamos de capacidade de um processo podemos estar a referir a uma máquina ou a um conjunto de máquinas. Em qualquer dos casos, o conceito de processo deve sempre incluir os operadores, (ou seja a variabilidade que estes introduzem no processo) as condições ambientais não controladas, (ou seja a variabilidade introduzido por factores como a temperatura, humidade...) bem como a variabilidade introduzida por outros factores de produção não controlados, tais como os materiais, a velocidade das máquinas, etc.

(Requeijo e Pereira, 2008)

Para que um estudo de capacidade de um processo se possa fazer é necessário que em primeiro lugar todas as causas de variação assinaláveis tenham sido eliminadas. Para o efeito devem ser asseguradas pelo menos as seguintes condições:

- As máquinas devem ter sido recentemente sujeitas a actividades de manutenção, de modo que as condições óptimas de operação tenham sido repostas;
- As matérias-primas devem ter sido seleccionadas de modo a garantir a qualidade especificada, nomeadamente a sua uniformidade;
- Os operadores devem ser experientes e estarem avisados dos objectivos do estudo;

Se estas condições estiverem reunidas podemos obter uma “imagem instantânea” do melhor que o processo é capaz de fazer. Para o efeito, devem ser vigiadas as condições de operação de modo a garantir que estamos a recolher uma amostra constituída por itens produzidos nas mesmas/similares condições de processo.

Uma das condições necessárias para o objectivo enunciado é forçosamente a de que os itens constituintes da amostra tenham sido retirados consecutivamente.

Não são aceitáveis amostras retiradas/constituídas por dados do passado que obviamente não representam o melhor do processo, já que resultam de condições não controladas e portanto incluem situações anormais de operação.

Nos estudos da capacidade do processo devemos distinguir duas situações:

- Capacidade de uma máquina (se existirem várias máquinas do mesmo tipo, o estudo pode/deve ser efectuado numa máquina representativa);
- Capacidade de várias máquinas (processo), que trabalham interligadas.

Para que o estudo tenha sentido, deve-se:

- Criar as condições para que sejam eliminadas as causas assinaláveis de variação;
- Utilizar o método de recolha dados de unidades produzidas, consecutivamente, nas mesmas condições do processo.

Tendo em conta as considerações anteriores, as etapas típicas de um estudo de capacidade de um processo são as seguintes:

- 1-Selecionar o processo/máquina;
- 2-Verificar a qualidade do material (garantir a sua conformidade);
- 3-Escolher um operador experimentado;
- 4-Estabilizar a máquina/processo (o *set-up* não deve ser modificado durante a produção das peças objecto do estudo);
- 5-Recolher entre 50 a 150 unidades consecutivas (devem ser tomadas medidas para identificar a sequência de produção das peças);
- 6-Escolher um sistema adequado de medição;
- 7-Realizar a análise;

Estimar o valor da Média, Desvio-Padrão e Forma da Curva.

(Pires, 2007)

### 2.5.1 - Indicadores de Capacidade de um processo

O estudo da capacidade do processo tem sido alvo de investigação ao longo de muitos anos durante os quais se desenvolveram os chamados índices de capacidade do processo que permitem avaliar como é que um processo está a produzir face à especificação técnica ou funcional.

Os índices de capacidade mais usuais são dois e complementam-se na representatividade da capacidade do processo:

### 2.5.2 - Índice de capacidade do processo $C_p$

Sendo o primeiro indicador caracterizado pela definição de índice  $C_p$  representa a capacidade inerente do processo, ou seja, a razão entre a especificação para a característica da qualidade/parâmetro do processo e a variabilidade desse mesmo processo.

Este indicador não leva em conta a centragem do processo, por isso chama-se de inerente.

(Pires, 2007)

Assumindo que uma distribuição normal pode ser usada na modelação da maioria dos processos industriais, pode considerar-se que a variação aceitável para um processo é igual a  $6\sigma$ , em que  $\sigma$  é o desvio padrão do processo.

Isto significa que 99,73% dos valores de uma determinada característica estarão naturalmente compreendidos entre  $\mu \pm 3\sigma$ , em que  $\mu$  é a média do processo. Mesmo que as variáveis sigam apenas aproximadamente a distribuição normal, é razoável considerar que o intervalo  $6\sigma$  inclui pelo menos 99% dos valores (segundo a metodologia  $6\sigma$ ).

Assim, o índice  $C_p$  é definido para os casos em que a especificação é bilateral, por:

$$C_p = \frac{LSE - LIE}{6\sigma}$$

Onde  $LIE$  é o limite inferior da especificação e  $LSE$  é o limite superior da especificação.

Habitualmente  $C_p$  é designado por índice de capacidade potencial.

Considera-se que o valor de  $C_p=1,33$  que foi *standard* na indústria automóvel tem vindo posteriormente a ser considerado como um valor mínimo, sendo actualmente já considerado ultrapassado para muitos processos.

(Pires, 2007).

Ainda assim, considera-se em geral o valor de  $Cp=1,33$  como sendo um valor aceitável para processos ou máquinas existentes quando a especificação é bilateral.

*Nota:*

*É importante salientar que um processo pode ter um  $Cp=1,33$  e estar a produzir material não conforme porque a sua média não está centrada no valor nominal.*

*Ao mesmo tempo que, um processo com um  $Cp=1$  pode produzir peças dentro de especificação, mas ao menor descentramento começa a produzir peças fora de especificação.*

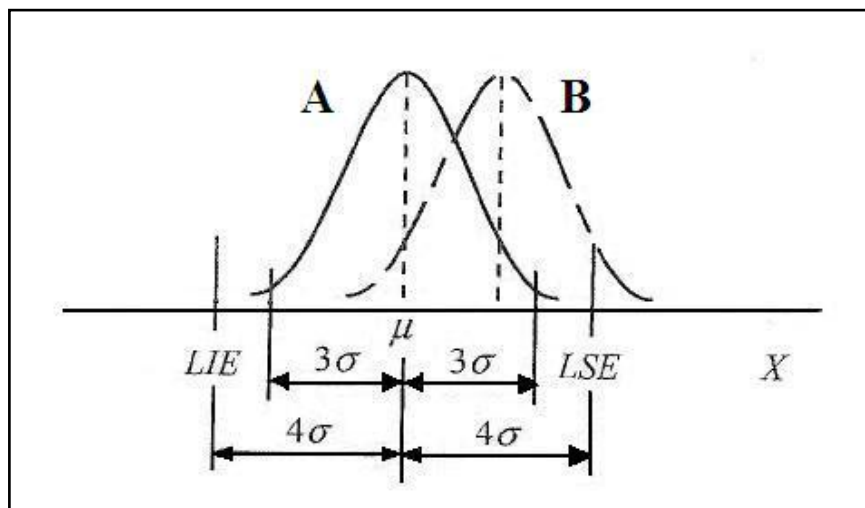


Figura 18 – Representação gráfica de dois processos com  $Cp=1,33$ . O processo A está a produzir dentro de especificação o B está a produzir uma percentagem significativa de unidades acima do limite superior de especificação, adaptado de (Pereira e Requeijo, 2008)

Tabela 5 – Interpretação dos valores de  $C_p$  para avaliação do processo/equipamento, adaptado de (Pires, 2007)

$C_p$	Conclusões
$< 1$	<ul style="list-style-type: none"> <li>• O equipamento não tem capacidade para cumprir a tolerância.</li> </ul>
$= 1$	<ul style="list-style-type: none"> <li>• O equipamento pode cumprir a especificação desde que a média do processo esteja centrada com o valor nominal da especificação.</li> </ul>
$1 < C_p < 1,33$	<ul style="list-style-type: none"> <li>• O equipamento cumprirá a especificação desde que não haja descentramentos significativos.</li> </ul>
$C_p > 1,33$	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Equipamento com capacidade adequada.</li> </ul>

Assim, surgiram outros indicadores de desempenho do processo, como o índice da capacidade do processo, identificado pelas iniciais  $C_{pk}$  que representa a proximidade da distribuição do limite mais próximo das especificações, considerando não só a dispersão como também a localização da média.

Este indicador não é por si mesmo uma medida do descentramento do processo, mas quando analisado em conjunto com o  $C_p$  é no essencial um indicador daquele descentramento.

Para uma especificação técnica unilateral, considera-se habitualmente que o processo é capaz quando  $C_{pk} \geq 1,33$  no entanto como já foi referido este valor deve ser tomado como um valor mínimo aceitável, sendo que o valor de  $C_{pk}$  deve ser o mais elevado possível.

### 2.5.3 - Índice de capacidade do processo $C_{pk}$

O índice de capacidade do processo mede a capacidade do processo, atendendo ao descentramento da média em relação ao valor alvo.

No cálculo deste último indicador devem ser consideradas as seguintes situações e fórmulas de cálculo:

1-Só o limite superior é especificado, então:  $\frac{LSE-X}{3\sigma}$

2- Só o limite inferior é especificado, então:  $\frac{X-LIE}{3\sigma}$

3- Dois limites: então calcular 1 e 2 e ver qual é o menor

Conclusão:

Um processo para poder ser considerado com capacidade deve ter os dois indicadores  $C_p$  e  $C_{pk}$  pelo menos iguais ou superiores a 1,33.

(Pires, 2007)

Tabela 6 – Conclusões e acções a implementar segundo os valores de  $C_p$  e  $C_{pk}$

$CP$	$CP_K$	Conclusão	Acções correctivas
$> 1,33$	1,33	Boa Capacidade	• Implementar cartas de controlo (pré-controlo é recomendado).
$> 1,33$	$< 1,0$	Processo Descentrado	• Corrigir descentramento. • Se há degradação do processo, rever, se necessário, a especificação.
1	1	Processo Marginal Crítico	• Investigar causas da variabilidade. • Melhorar $CP$ e $CP_K$ até 1,33. • Implementar cartas $\bar{X}$ , R até melhoria confirmada.
$< 1$	$< 1$	Problemas Graves	• Investigar factores de variabilidade (método, medida e processo). • Melhorar o processo.

O estudo da capacidade do processo é muito importante para um programa global da melhoria da qualidade, permitindo:

- Prever se o processo é capaz de produzir de acordo com as especificações;
- Ajudar a seleccionar ou a modificar um processo ou uma máquina;
- Seleccionar fornecedores;
- Reduzir a variação do processo;

(Pereira e Requeijo, 2008)





# Capítulo 3

## Metodologia

Este capítulo tem por finalidade descrever e justificar o método de abordagem seleccionado bem como as etapas da sua implementação descrevendo a amostra e o modo como esta foi seleccionada e trabalhada de acordo com a bibliografia utilizada.

De forma a garantir uma apresentação que contenha a informação essencial para a maioria das aplicações de acordo com a ASTM, foram seguidas as recomendações apresentadas no “*Manual on Presentation of Data and Control Chart Analysis*”

Recomendação para apresentação da informação.

- 1- Apresentar no mínimo a média, o desvio padrão e o número de observações.
- 2- Se o número de observações for muito grande, deve apresentar-se sempre os valores da obliquidade e da curtose. Como alternativa, pode ser apresentada a frequência de distribuição.
- 3- Se a informação não for obtida sob condições controladas e se for desejado dar informação sobre observações de efeitos extremos e causas assinaláveis, devem apresentar-se os valores de máximo e mínimo adicionados à média, desvio padrão e número de observações.
- 4- Devem ser apresentadas evidências, tantas quanto possíveis de que a informação foi obtida sob condições controladas.
- 5- Deve ser apresentada informação precisa sobre:
  - a) Aplicações em campo em que validem as medições;
  - b) Condições sobre as quais foram adquiridas;

### 3.1 – Estudo experimental

Como forma de iniciar o controlo estatístico do processo em questão e tomando a regra prática habitualmente seguida na aplicação das cartas de controlo de variáveis, foram retiradas 30 amostras da peça farolim esquerdo de número de peça -1Q0.945.095.H.

Por impossibilidade dos meios as 30 amostras foram retiradas aleatoriamente durante o ciclo produtivo de um lote de produção de cerca de 400 peças realizado em dois turnos, mas respeitando um tempo de intervalo curto e regular, de forma a poder-se detectar se o processo se altera muitas vezes ou se pelo contrário se mantém estável durante intervalos de tempo consideráveis.

Sendo a produção dos farolins assegurada por duas máquinas de soldadura por fricção, todas as amostras foram retiradas da máquina 1, sendo esta a máquina que apresenta maior volume de produção bem como melhores resultados dimensionais.

Posteriormente as peças foram trazidas para a sala de medição e montadas de acordo com o procedimento correcto de montagem numa galga *cubing* aferida a zero e medidas através de equipamento de medição 3D que recolhe o valor da posição em 3 eixos ( $x,y,z$ ).

O método de medição utilizado foi o método automático onde foram definidos para cada peça os mesmos 9 pontos de *gap* e os mesmos 8 pontos de *flush*. Todas as medições foram realizadas pelo mesmo técnico de medição que operava na altura na sala de medição.

Os valores das medições foram tabulados em folha de Excel de forma a poderem ser posteriormente trabalhados. Foram então determinados os valores da média das 30 amostras nos 9 pontos de *Gap* e nos 8 pontos de *flush*, bem como o valor da variância e desvio padrão, de forma a construir um gráfico representativo da realidade do processo produtivo na altura.

A média de cada ponto e o desvio padrão multiplicado por 3 e -3 correspondem respectivamente aos valores da linha central do gráfico da média e aos valores da linha dos limites de controlo, sendo também representados os diferentes valores das tolerâncias utilizadas como forma de controlo dimensional das peças na VW Autoeuropa.

Das 30 amostras, obtiveram-se as respectivas representações gráficas para os 8 pontos de *flush* e para os 9 pontos de *gap*, que são apresentadas no Anexo I.

Através da representação do valor central e dos limites inferior e superior das primeiras 30 amostras, é possível observar que muitos dos pontos, tanto os de *gap* como os de *flush*, se encontram fora dos limites de controlo experimentais e dos limites utilizados pela VW.

Relativo aos pontos de *flush*, os pontos 2, 3, 5, 6 e 9 encontram-se fora dos limites de controlo.

No entanto, analisando o ponto de *flush* 1 que apresenta todos os valores dentro dos limites de controlo, este tem uma amplitude entre os pontos de 0,83, que é maior que o valor da amplitude dos pontos de *flush* 2, 3 e 5 que têm de amplitude 0,59, 0,56 e 0,71 respectivamente e apresentam pontos fora dos limites de controlo. Isto ocorre devido ao ponto de *flush* 1

apresentar um descentramento entre a linha central e os limites de controlo muito menor que os outros 3 pontos.

O ponto de *flush* 4 apresenta uma amplitude entre pontos de 0,53 a mais baixa entre todos os pontos, o que lhe garante todos os pontos dentro dos limites de controlo apesar de ter um descentramento significativo da linha central com os limites de controlo.

Os pontos de *flush* 6 e 9 apresentam um descentramento entre a linha central e os limites de controlo menos acentuado que os pontos 2, 3 e 5, mas por seu lado apresentam valores anormais de variação que são responsáveis pelos pontos fora dos limites de controlo.

Relativo aos pontos de *gap*, os pontos 4, 6, e 8 apresentam todos pontos fora dos limites de controlo.

Os pontos de *gap* 1, 2, 5, 7 e 9 devido a um desvio padrão elevado, 0,22; 0,17; 0,22; 0,18 e 0,22 respectivamente apresentam valores de amplitude de 0,81, 0,72, 0,98, 0,77 e 0,75, mas mantêm todos os pontos dentro dos limites de controlo devido a um descentramento entre linha central e limites de controlo não muito elevado, em especial no ponto 5 que mesmo apresentando valores anormais de variação, o pequeno descentramento de 0,05 da linha central para o valor teórico especificado, permite garantir os pontos dentro dos limites de controlo. O ponto 8 apresenta também ele um valor de amplitude elevado 0,80 mas que associado ao grande descentramento entre linha central e limites de controlo não garante todos os pontos dentro dos limites.

É de destacar os pontos de *gap* 3 e 6, visto que o primeiro é de todos o ponto que se apresenta mais estável não existindo desvio da linha central para o valor nominal especificado (média igual à nominal) e com isso um desvio padrão baixo garante os pontos dentro dos limites.

O ponto 6 por seu lado apresenta também ele um desvio padrão bastante baixo, 0,07 respectivamente, o que garante os valores todos muito próximos da linha central mas no entanto o desvio desta para o valor nominal é o maior de entre todos os pontos (0,35) e desta forma todos os pontos à excepção de um vão cair fora dos limites de controlo.

Feita a primeira análise exploratória ao processo, depois de avaliadas as primeiras 30 amostras, é fácil perceber que todos os pontos de *gap* e *flush* com excepção do ponto *gap* 3 apresentam um valor da média das medições bastante fora do valor nominal especificado, sendo de notar que o ponto *gap* 5 apresenta um desvio bastante pequeno, cerca de 0,05.

Apenas os pontos *gap* 3, *flush* 1, 4 e 8 garantem a distribuição de todos os pontos dentro dos limites de controlo, sendo que todos os pontos à excepção do *gap* 3 e *gap* 6 apresentam pontos

de variação anormal como picos, tendências, ciclos e alterações de nível, sendo que no *gap6*, apesar de este apresentar o menor valor do desvio padrão, 0,04 e por isso apresentar maior proximidade na distribuição dos pontos à linha central, esta apresenta-se como a mais afastada do valor nominal.

Deste modo pode afirmar-se que o processo de produção dos farolins se encontra num estado de *fora de controlo* existindo assim a urgente necessidade de este ser trabalhado e optimizado de forma a alcançar o estado *sob controlo estatístico*.

### **3.2– Identificar pontos de variação anormal**

Desta forma e com base na avaliação das representações gráficas da distribuição dos pontos de *gap* e *flush* e suas respectivas linhas centrais e limites de controlo foram identificados para cada ponto de *gap* e *flush* em concreto quais os pontos de variação anormal que possam ser eliminados. Com isto, permite-nos fazer um novo cálculo do valor da linha central e limites de controlo que garantam uma melhor aproximação à nominal e distribuição dos pontos dentro dos limites calculados.

Para uma melhor representação e avaliação foram assinaladas as situações de variação anormal detectadas nos gráficos e para cada ponto de medição foi analisada a sua presença ou não. Foram então construídas duas tabelas com as diferentes situações, uma para os pontos de *flush* e outra para os pontos de *gap*. As tabelas são apresentadas no Anexo2.

A selecção dos pontos a eliminar foi feita com base na avaliação dos pontos que se encontravam fora dos limites de controlo, sendo que apenas no caso dos pontos de *flush1*, 4 e 8 e dos pontos de *gap3* os pontos eliminados estavam todos dentro dos limites e por esse factor foram avaliadas as situações de existência de picos e tendências bem como os pontos que mais se afastam do valor da linha central.

Nos casos de *gap* e *flush*, que apresentam vários pontos fora dos limites de controlo foram eliminados no máximo 3 pontos a fim de se manter o rigor da amostra e permitir a observação do comportamento da alteração da linha central e limites de controlo.

Através da avaliação das tabelas é possível concluir que em todos os pontos em análise existe a presença de situações fora controlo, sendo que para todos os 8 pontos de medição *flush* são detectadas situações de *picos* e em 7 pontos há ainda a presença de *alteração de nível* e *pontos próximo dos limites de controlo*.

Relativo aos pontos de *gap* 8 dos 9 pontos de apresentam *alterações de nível* e em 7 pontos existe a presença de *pontos próximo dos limites de controlo, picos e tendências*.

Com base na informação obtida e na sua avaliação, os pontos de variação anormal a eliminar em cada ponto de *flush* e *gap* são:

Ponto de *flush1* eliminam-se os pontos 4; 14; 27.

Ponto de *flush 2* eliminam-se os pontos 5; 21; 25.

Ponto de *flush3* eliminam-se os pontos 14; 30.

Ponto de *flush4* eliminam-se os pontos 11; 19.

Ponto de *flush5* eliminam-se os pontos 13; 14; 30.

Ponto de *flush6* eliminam-se os pontos 13; 14; 30.

Ponto de *flush8* eliminam-se os pontos 12; 13; 30.

Ponto de *flush9* eliminam-se os pontos 11; 12; 13.

Ponto de *gap1* eliminam-se os pontos 4; 5; 6.

Ponto de *gap2* eliminam-se os pontos 5; 12; 13.

Ponto de *gap3* eliminam-se os pontos 12; 5.

Ponto de *gap4* eliminam-se os pontos 12; 13; 22.

Ponto de *gap5* eliminam-se os pontos 12; 13; 29.

Ponto de *gap6* elimina-se o ponto 30.

Ponto de *gap7* eliminam-se os pontos 12; 13; 14.

Ponto de *gap8* eliminam-se os pontos 4; 12; 13.

Ponto de *gap9* eliminam-se os pontos 1; 2; 8.

### **3.2.1– Estudo explorativo sem os pontos de variação anormal**

Eliminados os pontos de variação anormal foram criadas novas representações gráficas para os pontos de *flush* e *gap* que resultaram em novas dispersões e novos valores de média para os pontos em estudo. As tabelas são apresentadas no Anexo2.

É importante salientar que a eliminação de pontos pode nem sempre alterar a média, como é fácil perceber pelo exemplo:  $\bar{X}=(3+5+4)=4$  e  $\bar{X}=(3+5)=4$ .

A dispersão, devido ao conceito de desvio padrão (média dos quadrados dos desvios em relação à média) pode também por vezes não sofrer alteração depois de eliminados pontos, o que no nosso caso não aconteceu.

Comparando a nova distribuição para cada ponto bem como a nova linha central e limites de controlo, com a distribuição inicial, é fácil perceber que de um modo geral a distribuição dos pontos de *gap* e *flush* se tornou mais próxima do valor da linha central pois em todos os casos o valor do desvio padrão foi reduzido. Contudo, apenas em poucos dos casos o número de pontos da distribuição fora dos limites iniciais reduziu tal como o desvio da linha central para o valor nominal teórico e mesmo nesses casos, a redução máxima encontrada foi na ordem de 0,2 o que é muito pouco significativo.

Relativo aos pontos de *flush*, em 4 dos casos conseguiu-se reduzir o valor do desvio da linha central à nominal, *flush 1, 2, 5 e 9*, sendo que nos restantes 5 casos o valor dessa divergência ficou ainda maior, *flush 3, 4, 6 e 8*. Isto deveu-se ao facto de na escolha dos pontos da distribuição a serem eliminados, no caso do *flush 3, 4 e 8*, os pontos eliminados não se encontrarem fora dos limites de controlo iniciais, mas serem apenas pontos com grande variação do valor da linha central, o mesmo se verifica para o *flush 6* onde 2 dos 3 pontos eliminados também não serem pontos fora dos limites de controlo.

Posto isto nos pontos *flush1, 4 e 8* que apresentavam todos os valores dentro dos limites iniciais, apenas no *flush1* houve uma melhoria com a eliminação de pontos de variação anormal pertencentes ao intervalo dos limites de controlo, se bem que muito pouco significativa pois a linha central apenas se aproximou da nominal em 0,1. Nos outros dois casos, todos os pontos permaneceram dentro dos novos limites de controlo mas o desvio da linha central à nominal aumentou.

Nos pontos de *flush2 e 5*, foram eliminados 3 pontos dos quais apenas 2 se encontravam fora dos limites de controlo iniciais. Em ambos os casos houve uma redução mínima do número de pontos fora dos novos limites (de 6 para 5 e de 2 para 1 respectivamente), que associado à redução do desvio da linha média para a nominal também ele muito pequeno (0,1 e 0,2 respectivamente) permite uma melhoria se bem que pouco significativa.

No ponto de *flush9* que apresentava inicialmente um valor fora dos limites de controlo foram eliminados 3 pontos sendo apenas um deles o valor fora dos limites. O desvio da linha central à nominal reduziu em apenas 0,1 e o número de pontos fora dos novos limites de controlo permaneceu em 1.

No *flush6*, com a eliminação dos 3 pontos, sendo um deles o único que se apresentava fora dos limites, garantiu-se toda distribuição de pontos dentro dos novos limites de controlo sendo que por outro lado o desvio da linha central à nominal aumentou.

No *flush3*, a eliminação de 2 valores que se encontravam dentro dos limites iniciais veio colocar a linha central fora dos limites de controlo confirmando assim que a eliminação de pontos da distribuição da média como forma de reduzir o número de pontos fora dos limites de controlo só deve ser feita para valores que se encontrem mesmo fora dos limites e nunca com uma avaliação relativa a tendências ou picos.

Nos pontos de *gap*, e seguindo a análise feita para os pontos de *flush*, os pontos *gap1*, 2, 3, 4 e 9, aos quais foram eliminados apenas pontos que pertenciam aos limites de controlo (excepto o *gap4*, onde 1 dos 3 valores eliminados estava fora dos limites) apresentam todos valores fora dos novos limites calculados e o desvio da linha central à nominal cresceu.

Nos pontos *gap5* e *gap7* foram eliminados 3 valores que apesar de nenhum deles se encontrar fora dos limites de controlo representavam picos e mudanças de nível. Com o cálculo dos novos limites de controlo, todos os pontos se mantiveram dentro dos limites gerando uma maior aproximação da dispersão dos pontos à linha central e uma redução no desvio desta ao seu valor nominal.

O *gap6*, que como já foi analisado apresenta a linha central como a mais afastada do valor nominal, ao ser eliminado o único ponto que estava dentro dos limites iniciais não faz nenhum sentido fazer qualquer tipo de análise do resultado pois a linha central recalculada continua fora dos limites.

No ponto de *gap8* foram eliminados 3 valores sendo que apenas 1 se encontrava fora dos limites de controlo iniciais. Depois do cálculo dos novos limites e o valor da linha central, o desvio da linha central ao valor nominal manteve-se mas 4 valores da distribuição apresentam-se fora dos novos limites.

Desta forma pode concluir-se que a eliminação de pontos da distribuição da média de forma a serem recalculados novos valores da linha central e limites de controlo é efectiva mas apenas para valores que se encontrem fora dos limites iniciais. Os pontos a eliminar devem assim ser todos os pontos que não pertençam ao intervalo de controlo e nunca, nunca fazendo uma avaliação relativa a situações de variação anormal tal como tendências ou picos. Desta forma, os valores representam apenas a variação resultante de causas comuns.

### 3.3– Estudo da normalidade

Sendo um dos requisitos para a aplicação das cartas de controlo por variáveis, realizou-se a verificação da distribuição quanto à sua normalidade. Repartiu-se o intervalo entre o menor e o maior valor de todos os pontos medidos em 10 intervalos de 0,10 mm. Desta forma, foi criado um histograma de frequência para cada ponto de *gap* e *flush* de forma a representar a distribuição da variação em cada ponto. Os histogramas são apresentados no Anexo3.

Da avaliação dos histogramas para os vários pontos de *gap* e *flush*, é possível concluir que em apenas alguns dos casos a distribuição dos valores segue uma tendência normal assertiva, ou quase assertiva. Tais como os pontos de *flush3* e 5 e o ponto de *gap6* e 7. No entanto na maioria dos pontos é fácil detectar a tendência para a normalidade, tais como os pontos de *flush2*, 4, 5 e 9 e os pontos de *gap1*, 2, 4, 8. Sendo que apenas os pontos de *flush1*, 6 e 8 e *gap3*, 5 e 9 não seguem aproximadamente uma curva normal na sua distribuição. Este facto pode ser explicado pela falta de rigor na altura da recolha das amostras sendo que pelo teorema do limite central, mesmo com os valores individuais a não apresentarem uma distribuição normal, para um aumento do número da amostra a tendência para a distribuição das médias será sempre para a normalidade, numa relação proporcional. A falta de normalidade em alguns pontos pode também ser justificada pela existência de causas assinaláveis de variação.

### 3.4– Cartas de controlo de valores individuais e amplitudes móveis

Depois do estudo exploratório onde foi representado a imagem do processo nos diferentes pontos de *gap* e *flush* através da representação da variação da dispersão em torno do valor médio e limites com base no desvio padrão, seguiu-se a construção das cartas de controlo para a representação dos mesmos valores nos pontos definidos, em termos de média e amplitude.

Assim, foram calculados os limites para as cartas de valores individuais e amplitudes móveis de acordo com a definição:

Limite de controlo para as cartas ( $\bar{X}$ )

$$\bar{X} \pm E_2 \cdot \bar{R}$$

Limite de controlo para as cartas ( $R$ )

$$D_4 \cdot \bar{R} \text{ e } D_3 \cdot \bar{R}$$

Onde o  $\bar{X}$  é a média dos valores individuais e o  $R$  é a média das várias amplitudes móveis em cada ponto de medição. Sendo que a média móvel é calculada segundo a forma: (2ºvalor menos 1ºvalor, o 3ºvalor menos o 2ºvalor) e assim sucessivamente.



Os valores de  $E_2$ ,  $D_3$  e  $D_4$  são os valores tabulados de acordo com o *Rochester Institute of Technology*.

Sendo para  $n=2$ :  $E_2=2,66$ ;  $D_3=0$ ;  $D_4=3,267$

As cartas são apresentadas no Anexo4.

Avaliando de um modo geral a distribuição das cartas de controlo de valores individuais e amplitudes móveis para os pontos de *gap* e *flush* facilmente se conclui que o processo de produção dos farolins está longe de ser um processo estável e previsível. A maioria dos pontos de *flush* e *gap*, apresentam em média 2 valores fora dos limites de controlo, destacando-se o ponto *gap6* com 14 valores fora dos limites de controlo na carta dos valores individuais e apresentando um desvio à linha central de 0,35 mm, o maior valor entre todos os pontos. Contudo, é importante analisar que este ponto apresenta uma amplitude bastante reduzida (0,06) sendo apenas ultrapassada pelo ponto *gap3* que apresenta uma amplitude (0,04), o que significa que em termos de aproximação da distribuição à linha central o ponto é um dos que melhor comportamento apresenta, devendo-se o elevado número de valores fora dos limites ao elevado valor do descentramento à linha média.

Existe também um ponto a realçar, o caso do *gap3* que apresenta todos os valores dentro dos limites de controlo apresentando a linha central correctamente centrada com o valor nominal especificado. Este caso será o exemplo a seguir para todos os outros pontos, sendo como objectivo, alcançar as condições obtidas neste ponto.

Desta forma e no seguimento do trabalho, determinou-se analisar o comportamento da distribuição das cartas de controlo mas neste caso com os valores centrais no valor nominal especificado. Visto os pontos de *gap* e *flush* apresentarem em média 0,18 de desvio da linha central ao valor nominal na carta das médias e 0,13 na carta das amplitudes, é importante com este estudo avaliar se apenas uma questão de afinação dos valores da linha central permitem melhorar a distribuição e garantir os valores dentro dos limites de controlo e quanto importante é esse factor para os problemas encontrados nas cartas de controlo.

Esta redução do desvio da linha central ao valor nominal pode ser reproduzida no processo através de alterações e afinações nos parâmetros da ferramenta.

### **3.5– Cartas de controlo para valores individuais e amplitudes móveis, mas com valor central no valor nominal (Zero) e limites utilizados pela VW.**

Às cartas de controlo de valores individuais e amplitudes móveis foram agora colocados os valores nominais teóricos (zero) e adicionados os valores dos limites de controlo utilizados pela VW. Desta forma, pretende-se ter uma melhor visibilidade e forma de comparação dos valores obtidos na carta a fim de compreender melhor a influência das experiências até aqui realizadas e possíveis futuras acções de ajuste no processo. As cartas são apresentadas no Anexo5.

Avaliando os resultados das cartas comparativamente ao valor nominal zero é evidente o desvio ao valor nominal teórico em praticamente todos os pontos de *gap* e *flush*, excluindo-se apenas o ponto de medição *gap3*, onde o valor central corresponde à nominal tendo também os pontos *gap 5* e *7* um desvio mínimo na ordem dos *0,05*.

Na maioria dos pontos de medição, uma afinação dos valores da linha central para o valor nominal requerido permitem melhorar a distribuição e garantir que alguns dos valores que se apresentam fora dos limites de controlo fiquem dentro destes.

O acerto do desvio da linha central ao valor nominal é uma das acções a ter em conta por parte do fornecedor para as futuras produções sendo que devem ser feitas as alterações e afinações nos parâmetros da ferramenta de forma a garantir a redução do desvio e não implicar perda do controlo dos pontos de medição.

### **3.6– Estudo da capacidade**

De forma a avaliar o processo quanto à sua capacidade de produzir de acordo com o especificado foram calculados os valores de *Cp* e *Cpk* para os pontos de *flush* e *gap* em estudo. Os valores são apresentados no Anexo6.

Numa primeira avaliação dos valores de *Cp* e *Cpk* em ambos os pontos de *flush* e *gap*, é possível dizer que como era esperado o processo não apresenta capacidade suficiente para a correcta produção das peças.

Analisando mais detalhadamente os pontos de *flush* e focando apenas os valores de *Cp* obtidos, constata-se que apenas os pontos *flush2* e *flush3* apresentam um valor acima do *1,33*, sendo que apesar de serem os pontos com variabilidade mais reduzida (desvio padrão) apresentam a média bastante descentrada em relação ao valor nominal. Ainda assim, o valor fica muito aquém do valor de *Cp=2* seguido pela metodologia do *6-Sigma*.

Analisando os outros pontos de *flush* apenas os pontos 4 e 5 apresentam valores de  $C_p$  superiores a 1 sendo de notar que são os pontos que apresentam uma melhor relação de baixa variabilidade e baixo descentramento da média.

Olhando agora para os valores de  $C_{pk}$  que considera não só a dispersão como também nos dá informação quanto à centragem da média, em nenhum dos 7 pontos de controlo temos o valor de  $C_{pk_i}=C_{pk_s}$ , pelo que em nenhum dos casos temos a média centrada com o valor especificado.

De salientar ainda que o *flush2*, 3 e 4 são os únicos pontos que apresentam os valores de  $C_{pk_s}$  superiores a 1,25 tendo os valores de  $C_{pk_i}$  para estes 3 casos todos valores inferiores a 1,25.

Relativo aos pontos de *gap*, também como era esperado, os valores dos índices de controlo são bastante baixos dos exigidos excepto os valores de *gap3* e *gap6*, onde no primeiro um valor de  $C_{pk}=4,17$  mostra que o ponto é bastante estável e os valores elevados e divergentes apenas em 0,02 de  $C_{pk_i}$  e  $C_{pk_s}$  mostram uma centragem bastante boa com a nominal.

No segundo, o valor de  $C_p=2,86$  vem por seu lado mostrar que apesar dos 14 pontos apresentados fora dos limites de controlo na carta das médias, uma reduzida dispersão nos valores que permita uma boa aproximação de todos os valores à linha central permite uma boa capacidade de produzir dentro de valores especificados, sendo o valor do índice de capacidade um valor já bastante aceitável mas que contudo peca pela grande discrepância na centragem da média à nominal especificada,  $C_{pk_i}=4,51$  e  $C_{pk_s}=1,21$ .

Finalizado o estudo das primeiras 30 amostras e tendo agora uma “fotografia” mais concreta do estado do processo e das alterações possíveis e indicadas a fazer de forma a optimizá-lo e com isso melhorar o seu desempenho, os resultados desta primeira análise foram apresentados e explicados ao fornecedor.

De forma a serem compreendidos e a poderem ser utilizados na tomada de decisões para alterações realizadas nas futuras produções foi criado um plano de acções por parte do fornecedor e agendada uma data de produção para a implementação das mesmas. Apresentado no Anexo 11.

Nessa data foi realizada uma visita por parte da VW como forma de assegurar a correcta implementação das acções e dar seguimento ao estudo do controlo estatístico do processo tendo sido novamente retiradas 30 amostras durante o novo e optimizado ciclo produtivo.

Para a produção do lote de 400 peças de onde foi retirada esta segunda amostra de 30 peças, o funcionário a operar a máquina 1 foi escolhido pelo melhor desempenho, conhecimento do

processo e antiguidade na fábrica, as amostras foram retiradas de forma consecutiva e numa fase intermédia do processo produtivo.

O processo de preparação das amostras para medição e as medições foram realizadas na sala de medições pelo mesmo técnico de medição que trabalhou nas primeiras amostras e utilizando o mesmo método de medição automático.

Para estas segundas 30 amostras foram utilizadas as mesmas cartas de controlo das quais se obtiveram-se as seguintes representações para os 8 pontos de *flush* e para os 9 pontos de *gap*:

### **3.7 – Estudo da normalidade da segunda amostra**

Avaliando agora os resultados das medições da segunda amostra de 30 peças, foram feitos novos somatórios de valores nos mesmos 10 intervalos de 0,10 mm de forma a analisar-se a distribuição das novas medições quanto à sua normalidade. Foi então criado um histograma de frequência para cada um dos pontos de *gap* e *flush* e são apresentados no Anexo7.

Analisando os histogramas obtidos para os vários pontos de *gap* e *flush* da segunda amostra e comparando-os com os mesmos pontos da primeira amostra é possível verificar a existência de uma maior tendência para a normalidade em quase todos os pontos de *gap* e *flush* nesta segunda amostra.

Relativo aos pontos de *flush*, os pontos 2 e 6 são os que apresentam na sua distribuição uma maior divergência da normalidade sendo que os pontos de *gap* 6, 7 e 9 também não seguem essa tendência de forma assertiva. A presença de causas assinaláveis de variação anormal pode neste caso ser uma das justificações para alguns dos desvios da normalidade, tendo em conta que todos os valores das medições foram tomados em conta e não foi feita nenhuma eliminação de causas de variação anormal. No entanto, mesmo nestes pontos de medição a tendência para a normalidade é uma realidade e bastante mais notória que nos mesmos pontos da segunda amostra.

Desta forma e com a notória confirmação dessa tendência, deixa total abertura para a aplicação das cartas de controlo por variáveis.

### **3.8– Cartas de controlo finais para valores individuais e amplitudes móveis, segunda amostra**

Feito o estudo da normalidade, realizou-se a preparação das cartas de controlo para valores individuais e amplitudes móveis que são apresentadas no Anexo8.

Numa avaliação geral das cartas é possível constatar que apesar de muitos dos valores centrais apresentarem um maior desvio ao valor nominal desejado (zero), é notório que todos os pontos medidos, tanto os de *gap* como os de *flush* apresentam nesta segunda amostra uma melhor distribuição junto ao valor central. Este facto é bastante notório em especial nos pontos de *flush* 1, 2, 3 e os pontos de *gap* 6 e 7.

Fazendo uma avaliação mais profunda e no que diz respeito aos pontos de *flush* destacam-se os pontos de *flush* 4, 6 e 9, onde é já notória uma melhoria significativa na centragem do valor central à nominal garantindo assim a permanência de todos os pontos medidos no interior dos intervalos de controlo mas onde a instabilidade já notória nas medições da primeira amostra se mantém visível.

Nas medições do valor de *gap* e comparando-as com os valores obtidos na primeira amostra é de destacar o ponto *gap*1 e 8 onde a melhoria na centragem à nominal foi notória assim como o ponto de medição 9, onde esse factor não foi alcançado. O *gap*3 manteve a tendência para a estabilidade, aumentando no entanto o desvio em 0,04 na carta das médias e 0,06 na carta da média móvel.

### **3.9– Estudo da Capacidade (segunda amostra)**

Para ter uma resposta da capacidade do processo em produzir de acordo com o especificado, foram calculados os novos valores de *Cp* e *Cpk* para os pontos de *flush* e *gap* em estudo para as 30 peças da segunda amostra. Os valores estão apresentados no Anexo9.

Numa primeira avaliação dos valores de *Cp* e *Cpk* em ambos os pontos de *flush* e *gap*, é possível afirmar que o processo não apresenta capacidade suficiente para a correcta produção das peças.

Numa análise geral dos valores de *Cp* e *Cpk* de ambos os pontos de medição de *gap* e *flush*, é possível dizer que esta segunda amostra continua a mostrar-nos que a capacidade do processo não é a desejável pois os valores dos índices de controlo continuam bastante baixos dos valores requeridos revelando a urgente necessidade de intervenção no processo com o objectivo de melhorar a capacidade do mesmo.

Analisando os pontos de medição de uma forma mais aprofundada e avaliando inicialmente os pontos de *flush* é possível destacar os pontos *flush*2, *flush*3, e *flush*9 como sendo os que apresentam índices de *Cp* mais elevados e acima do valor de 1,33, sendo o ponto *flush*3 o que

apresenta o maior valor entre todos, com  $C_p = 1,62$  ainda assim longe dos valores 1,30; 0,93; 1,02; 0,86; 1,14 dos pontos de *flush1*, 4, 5, 6 e 8.

Contudo, é notória uma melhoria no índice de capacidade em quase todos os pontos, com exceção apenas para os pontos *flush4* e 5.

Analisando agora os valores de  $C_{pk}$  que nos dão informação quanto à centragem da média relativo ao valor nominal, tal como na primeira amostra, em nenhum dos 7 pontos de controlo temos o valor de  $C_{pk_i} = C_{pk_s}$ , pelo que em nenhum dos casos temos a média centrada com o valor especificado. É de salientar o ponto de medição *flush9* que apesar de não ser o ponto que apresenta maior centragem da média é o único que apresenta valores de  $C_{pk_s}$  e  $C_{pk_i}$  superiores a 1,25.

No entanto e comparativamente com os valores obtidos na primeira amostra é notória uma melhoria na centragem nos pontos de *flush3*, 4, 5 e 6 e um aumento do índice de capacidade em todos os pontos com exceção apenas para o ponto *flush4* onde ainda assim a perda não é significativa.

Relativo aos pontos de *gap*, esta segunda amostra continua a mostrar-nos índices de capacidade do processo bastante longe dos desejáveis, os valores dos índices de controlo continuam bastante baixos sendo que e comparativamente aos valores da primeira amostra esta apresenta mais pontos com índices de capacidade acima de 1,33. Neste caso, os pontos *gap1*, 2, 3, 6 e 8 apresentam valores acima dessa referência sendo que os pontos *gap2* e 3 apresentam valores de índice na ordem de 2.

No que diz respeito aos valores de  $C_{pk}$  também aqui em nenhum ponto foi alcançada a centragem com o valor nominal especificado, sendo que os pontos *gap3* e 8 foram os pontos que obtiveram melhor índice de capacidade. No ponto *gap3*, os valores de  $C_{pk_s}$  e  $C_{pk_i}$  são ambos acima de 2 e divergem apenas 0,30 dando neste caso uma boa resposta em termos de centragem da média com o valor nominal.

Relativo ao *gap8*, o descentramento com o valor nominal é o responsável por uma maior discrepância entre  $C_{pk_s}$  e  $C_{pk_i}$ , sendo no entanto os valores de  $C_{pk_s} = 1,24$  e  $C_{pk_i} = 2,38$  já valores relativamente aceitáveis.

### **3.10– Percentagem de peças fora de especificação**

Com base nos índices de capacidade do processo foi determinada a percentagem de peças fora de especificação para cada ponto de medição em estudo. Os valores foram inseridos em duas

tabelas, uma para as medições de *flush* e outra para as medições de *gap* e são apresentados no Anexo10.

Numa avaliação geral dos pontos de *flush* sobressaem os pontos *flush1*, 2 e 3 onde temos a ocorrência de produção de peças acima dos valores de especificação, 3,6%; 17,7% e 20,4% respectivamente.

Relativo aos pontos de *gap*, é de destacar os pontos *gap1*, 2 e 9, como sendo os pontos que apresentam maior percentagem de ocorrências fora dos valores especificados. Os pontos *gap1* e 2 apresentam 4,1% e 35,2% de peças acima dos valores especificados e o *gap9* 44,9% de peças abaixo do valor especificado.





# Capítulo 4

## Discussão

A aplicação das cartas de controlo ao processo produtivo dos farolins do *Eos* no fornecedor Hella de forma a integrar o processo de controlo de qualidade teve início em Abril de 2011. O processo de implementação das cartas de controlo foi evolutivo tendo sido inseridas as novas ferramentas e metodologias de uma forma gradual permitindo a compreensão de todo o processo e uma boa adaptação por parte das pessoas que de uma forma ou de outra participaram no processo, tendo também contribuído e muito para isso toda a colaboração, entrega e empenho por parte dos elementos da equipa de qualidade da Hella, que trabalharam em paralelo com este trabalho.

Para avaliar o impacto da aplicação das cartas de controlo foi feita uma análise e interpretação dos resultados dos indicadores relatados no capítulo anterior considerando as duas amostras de 30 peças que foram separadas no tempo por um período de dois meses, bem como os indicadores internos disponíveis e que serviram de base para a justificação da necessidade do trabalho.

Como início desta discussão dos resultados verificados é de salientar o estado crítico de instabilidade que o processo de produção dos farolins apresentava na altura do início do trabalho, sendo prova disso mesmo a identificação de várias situações típicas fora de controlo aquando da realização do estudo de identificação de pontos de variação anormal. A impossibilidade de um maior rigor na recolha das primeiras 30 amostras é também um factor importante a ter em conta na avaliação do impacto da aplicação do trabalho, principalmente na comparação com os resultados das segundas 30 amostras que foram alvo de maior rigor permitindo um reflexo mais preciso do processo.

Os resultados do estudo experimental mostraram a identificação de *pontos isolados fora de controlo (picos)* e *tendências* em quase todos os pontos de medição na fase inicial do trabalho, confirmando o estado de *fora de controlo* em que o processo se encontrava. Desta forma, esta evidência foi um dos pontos de partida para o início do trabalho de acompanhamento por parte do fornecedor que foi desde início um requisito deste trabalho. Em conjunto com a equipa de qualidade da Hella foram escolhidas estas duas situações de falta de controlo como ponto de partida para intervenção na máquina de soldadura pelo facto de apresentarem causas teóricas com uma maior rapidez e simplicidade de aplicação de medidas de combate e

redução, bem como ser perante a experiência já adquirida por parte dos operadores uma fácil intervenção e ter um menor impacto em termos de perda de controlo do processo que na altura inicial seria de longe indesejada, bem como garantir a continuidade da produção e fornecimento de peças por parte da empresa. Deste modo, foram tomadas em conta possíveis causas para as relatadas ocorrências de situações fora de controlo, tais como defeitos na matéria-prima utilizada, tendo sido a actividade de inspecção do material alvo de uma revisão no sentido de prevenção da ocorrência de material não conforme ao fornecedor *Hella*. Foi também feito um levantamento da ocorrência de paragens de produção e o consequente desligar das máquinas tendo em conta o plano de manutenção, limpeza, *setup* e mudança de turno, tudo de forma a ser minimizado ao máximo as acções de paragem numa inter-relação com os planos de produção de forma a garantir lotes de produção diários sem paragens ou com o mínimo impacto de eventuais necessidades de paragem de máquinas.

Estas acções tiveram um peso importante na melhoria das condições aquando da colecta das 30 peças da segunda amostra sendo um factor importante para a melhoria da imagem fornecida pelas cartas de controlo da segunda amostra, garantindo uma maior veracidade e fidelidade dos resultados obtidos.

É de salientar ainda o facto da detecção de vários pontos fora de controlo na fase embrionária do nosso trabalho que levou à tendência de eliminação de todos os pontos detectados, o que deve ser evitado pois se todas as situações fora de controlo forem eliminadas ficarão provavelmente poucos pontos para calcular limites revistos e estimar de forma fiável os parâmetros do processo. Este factor foi tido em conta apenas em alguns dos pontos de *gap* e *flush*, sendo que em outros casos foram eliminados todas as situações de pontos fora de controlo detectados.

Os resultados do estudo explorativo sem os pontos de variação anormal encontrados na análise dos primeiros gráficos das medições mostraram que o valor da variação da média à nominal (descentramento) não é reduzido com a eliminação dos pontos de variação externa. Os resultados confirmam assim que, a eliminação dos pontos de variação anormal tem influência na dispersão reduzindo os valores do desvio padrão, bem como os valores de controlo *LSI* e *LSE*, mas apenas para valores que se encontrem fora dos limites iniciais sendo que a sua aplicação deve ser realizada com o processo centrado nos valores nominais, o que como já foi referido não foi o caso nestas primeiras 30 amostras.

Os resultados mostram que o desvio da média ao valor nominal está presente em quase todos os pontos de medição bem como a existência de uma larga distribuição notória em todos eles que é mais evidente na primeira amostra e é espelhada em alguns pontos na sua curva de

dispersão. Os resultados do estudo da normalidade mostram que nem todos os pontos apresentam uma tendência para a normalidade como seria esperado para este tipo de processos práticos, ainda que em alguns pontos essa tendência seja notória. Na segunda amostra, esse desvio da normalidade em alguns pontos de medição já é menos notório nos resultados, bem como a largura da distribuição é menos acentuada, tendo a melhoria das condições da segunda recolha uma contribuição positiva para isso.

É importante salientar que a distribuição normal como uma linha suave, simétrica e em forma de sino, existe apenas teoricamente e embora existam muitos desenvolvimentos e discussões sobre o efeito da não normalidade na eficiência das cartas de controlo, a normalidade de  $\bar{X}$  não é uma condição imprescindível para a construção das cartas de controlo, no entanto a distribuição associada às médias deve ser uma distribuição normal e é por isso indispensável verificar a sua existência.

Os resultados obtidos nas cartas de controlo de variáveis para valores individuais de amplitudes móvel mostram uma notória redução da variação em todos os pontos de medição nas cartas de valores individuais para as de amplitudes móveis e confirmam que através da construção de cartas de controlo, utilizando uma amplitude móvel, é possível obter-se uma redução da sensibilidade à variação alcançando-se uma expressão mais precisa sobre a dispersão do processo.

Os resultados confirmam também que o intervalo entre os valores dos limites de controlo é também ele reduzido e o limite inferior para a carta das amplitudes móveis apresenta sempre o valor zero devido ao facto do índice para os limites de controlo  $D3$  ser zero para  $n=2$ .

Nos resultados da segunda amostra é já mais difícil a identificação da presença de *picos* e *tendências*, sendo que alguns pontos apresentam um aumento do desvio da linha média ao valor nominal e outros, uma redução. Estas alterações são já uma resposta de melhoria do sistema às primeiras alterações feitas no processo por parte do fornecedor que se situaram entre a recolha das duas amostras e serviram como base de avaliação do *feedback* do sistema às alterações implementadas.

Apesar de os resultados obtidos nesta segunda amostra não serem ainda resultados aceitáveis do ponto de vista da qualidade de produção e de objectivo do trabalho, as cartas finais obtidas com a segunda amostra de peças indicam a obtenção de um ponto de partida para o trabalho de afinação e melhoria do processo produtivo, dando aptidão ao fornecedor para poder mexer no seu processo de forma a retirar o melhor partido dele e não perder nunca a orientação nem o controlo do mesmo.

Os resultados dos valores da capacidade do processo obtidos pelos índices de capacidade são bastantes reduzidos e pouco homogêneos entre os diferentes valores e pontos de medição. No entanto, confirmam uma melhoria da resposta da capacidade do processo em alguns dos pontos que apresentavam índices mais baixos, na comparação dos valores da primeira amostra com os valores da segunda amostra. O desvio ao valor nominal é aqui bem representado pela discrepância entre os valores de  $Cpk$  inferior e  $Cpk$  superior em ambos os resultados das medições de *gap* e *flush* em muitos dos pontos em análise, sendo mais uma prova do problema do descentramento da média relativo ao valor nominal, justificando os resultados das cartas de controlo realizadas posteriormente em ambas as amostras. Como exemplo disso destacam-se os pontos de *flush3* e *gap3* onde no primeiro o descentramento já notado nas cartas de controlo é aqui revelado em termos de índices de capacidade por um valor de  $Cpk$  inferior de 0,65 e  $Cpk$  superior de 2,33 vincando a grande diferença de valores, no segundo os valores de  $Cpk$  inferior de 4,00 e  $Cpk$  superior 4,02 comprovam a correcta centragem já notada nas cartas de controlo.

A adição dos valores dos limites de controlo utilizados pela VW às cartas de controlo permitiu uma melhor visibilidade da desarmonia entre as condições de controlo utilizadas, os limites de especificação e o estado do processo produtivo. Com este estudo é possível entender melhor o caminho tomado pelo trabalho até então realizado e foi desde logo possível definir com o fornecedor novos parâmetros temporários para a rejeição das peças produzidas até à altura e minimizar os efeitos no imediato.

Os resultados do cálculo das percentagens de peças fora de especificação para cada ponto de medição em estudo mostram que em ambas as características de *gap* e *flush* o processo está a produzir sempre peças fora dos limites de especificação, mostrando de uma forma bem clara o descentramento bem vincado das medições ao valor nominal. Os valores confirmam os desvios a baixo e acima dos limites de especificação dando uma imagem quantitativa em forma percentual do valor da produção não conforme. É de salientar os pontos *flush1*, 2 onde o descentramento é notório bem como a inexistência de descentramento nos pontos de *flush5*, e *flush6*.

# Capítulo 5

## Conclusões e Sugestões

Com a realização deste trabalho foi feita a aplicação do controlo estatístico com base em cartas de controlo ao processo de produção dos farolins do modelo *VW Eos* pelo fornecedor Hella, garantindo assim a utilização de uma ferramenta de controlo da qualidade por parte do fornecedor de forma a responder às solicitações requeridas pelo cliente.

Neste trabalho, a efectividade dos resultados foi validada com base na comparação dos indicadores de desempenho de rejeições internas *ppm* 's, falhas de campo e pontos de demérito em auditorias *Audit*.

Deste modo, conclui-se que com a aplicação das cartas de controlo ao processo o fornecedor ficou capaz de detectar a presença de causas assinaláveis de variação no processo produtivo de forma a permitir uma melhor avaliação do estado do processo e a aplicação de acções correctivas, rápidas, práticas, seguras e efectivas.

A aplicação das acções pode assim ser feita com maior garantia da inexistência de perda de controlo do processo e com o objectivo de produzir de acordo com as especificações estabelecidas, reduzindo a variação do processo e melhorando a capacidade do mesmo de forma a alcançar uma situação de *dentro de controlo estatístico* e garantir a sua manutenção.

Assim, o fornecedor consegue alcançar um ganho significativo na procura da melhoria contínua do seu processo, tendo o trabalho realizado permitido uma entrega permanente da equipa de qualidade da Hella e com isso um crescimento ao nível do conhecimento e *know-how* do processo, bem como do controlo estatístico baseado nas cartas de controlo.

Da avaliação dos resultados pode-se concluir que o cliente atinge assim uma redução nos índices de falhas internas, (*rejeições internas*, *Audit* e *ppm* 's) e de falhas externas (*falhas de campo*), bem como uma melhoria da qualidade do produto final que se reflecte numa melhoria da satisfação do cliente.

A partir da análise crítica dos resultados obtidos é possível concluir que no processo de implementação das cartas de controlo a detecção e eliminação dos pontos de variação anormal é uma etapa muito importante e que influencia muito a suavização da sensibilidade à variação a que as cartas de controlo conduzem tendo por isso preponderância nas melhorias do processo obtidas.

Através da análise das cartas de controlo conclui-se que apesar da grande dispersão nos valores obtidos em quase todos os pontos de medição o principal problema apresentado no processo é sem dúvida o grande desvio da média dos valores ao seu valor nominal. Conclui-se que através das implementação das cartas de controlo foi possível alcançar-se, mesmo numa fase inicial, e apenas avaliando os resultados da primeira amostra, a capacidade de promover alterações nos parâmetros da máquina de soldadura e obter uma melhoria bastante significativa no que diz respeito à dispersão de valores que é notória na diferença de resultados da primeira para a segunda amostra. Conclui-se ainda, com o cálculo da percentagem de peças fora de especificação, que existe uma percentagem bastante significativa de peças que são produzidas fora dos limites de tolerância, conduzindo a uma previsão de que os custos derivados a esse factor possam ser bastantes elevados e levando a questionar se um investimento forte em controlo da qualidade por parte do fornecedor não será mais rentável, num prazo determinado, que a produção em larga escala com altas taxas de produtos não conformes.

Desta forma, propõe-se considerar por parte da *Qualidade-Autoeuropa* as vantagens de exigir o controlo estatístico do processo ao grupo de fornecedores da *VW Autoeuropa* e colocando essa exigência como um requisito indispensável para a continuidade de fornecimento e formação de novos acordos para futuras produções. É também proposta a utilização do controlo estatístico por parte da *VW Autoeuropa* a partir da actividade de controlo de peças compradas aos seus fornecedores denominados de fornecedores críticos.

Como sugestões de trabalho para uma melhoria da aplicação do método em futuras acções por parte do fornecedor, propõe-se uma futura análise de custos relacionados com a qualidade onde deverão ser incluídos os custos das percentagens de produtos não conformes.

Como seguimento do trabalho realizado e dada a avaliação do componente final produzido que se verificou ser formada por vários componentes de onde não é conhecido qualquer tipo de registo de controlo, sugere-se como trabalho futuro de continuidade, o estudo de um possível alargamento da aplicação do controlo estatístico a outras fases do processo de produção do farolim. Até recentemente, o controlo estatístico tem sido aplicado a vários tipos de indústrias e principalmente nos processos em fases isoladas, mas no entanto, as interacções entre fases do processo podem e devem ser estudadas com mais detalhe e atenção pois defeitos no produto semiacabado podem ser transportados para as fases de produção seguintes e implicam perdas de qualidade no produto final. Desta forma, o diagnóstico de causas não pode ser restrito a um determinado estágio ou fase individual da produção. Para melhorar a

eficiência e objectividade do controlo estatístico, este deve ser alargado a todas as fases do processo que possam apresentar situações *fora de controlo*. Este estudo pode ser explorado através do artigo “Change pattern discovery in multistage statistical process control” publicado em (*International Journal of Industrial Engineering*, 11(3), 261-271, 2004).

Como foi apresentado neste trabalho, a identificação de padrões de variação anormal é uma tarefa crucial para a identificação das causas raiz subjacentes às variações detectadas. Tradicionalmente, os gráficos de controlo de padrões são analisados e interpretados manualmente e existem vários tipos de sistemas específicos de identificação de padrões nas cartas de controlo, propostos.

De forma a uma melhor representação das cartas e uma mais correcta identificação de padrões de variação anormal sugere-se uma pesquisa aprofundada no âmbito dos métodos de reconhecimento de padrões de variação anormal propostos.

Como artigo proposto, destaca-se “A New Statistical Method for Recognition of Control Chart Patterns” de (*Naeini; Owlia e Fallahnezhad*, 2011).





# Bibliografia

- Ballestero, A.M, (2001), “*Administração da Qualidade e da Produtividade*” Atlas
- Besterfield,D.H., (1998), “*Quality Control*” Prentice Hall, Inc.
- Boyles, R.A (2000), “Phase I analysis for Autocorrelated Processes. *Journal of Quality Technology*, vol 32, n. 4
- Committee E-11, (1995), “*Manual on Presentation of Data and Control Chart Analysis*” ASTM International.
- Diniz,M.G, (2001), “*Desmistificando o Controle Estatístico de Processo*” Artliber.
- Duret, D e Pillet, M (2009) “*Qualidade na Produção – Da ISSO 9000 ao Seis Sigma*” LIDEL – Edições Técnicas Lda.
- Fallahnezhad.M.S, Naeini,M.K, e Owlia,M.S, (2011), “*A New Statistical Method for Recognition of Control Chart Patterns. Department of Industrial Engineering*”, Yazd University, Yazd, Iran.
- Féria, L.P, (1998), “*Da Competitividade dos Produtos à Competitividade dos Sistemas: O Caso dos Componentes para a Indústria Automóvel*” Economia & Prospectiva, ME.
- Féria, L.P, (1999), “*A História do Sector Automóvel em Portugal (1895-1995)*” GEPE-Gabinete de Estudos e Prospectiva Económica do Ministério da Economia.
- Fey, R. e Gigue, J.M. (1983) “*Princípios da gestão da qualidade*” Fundação Calouste Gulbenkian.
- Godfrey,A.B, e Juran,J.M, (2000), “*Juran’s Quality Handbook*” McGraw-Hill.
- Grant,E.L. e Leavenworth,R.S, (1996), “*Statistical Quality Control*” McGraw-Hill.
- INTELI, (2000), “*A Indústria Automóvel em Portugal – Análise e Prospectiva*” BASAUTO, DGI.
- Kaydos,W.J, (1999), “*Operational Performance Measurement – Increasing Total Productivity*” Boca Raton.
- Mitra, A, (1993), “*Fundamentals of Quality Control and Improvement*” Macmillan Publishing Company.
- Montgomery, D.C, (2005) “*Introduction to statistical Quality Control*” John Wiley & Sons.
- Pires,A.R, (2007), “*Qualidade – Sistemas de Gestão da Qualidade*” SILABO.

- Pereira,Z.L. e Requeijo,J.G, (2008), “*Planeamento e Controlo Estatístico de Processos*” Fundação da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa - Prefácio-Edição de livros e revistas Ltd.
- Stamatis, D.H, (1997), “*TQM Engineering Handbook*” Marcel Dekker.
- Sumanth, D.J, (1994), “*Productivity Engineering and Management*” McGraw-Hill.
- Sun,R. e Tsung.F., (2004), Change Pattern Discovery in Multistage Statistical Process Control. *International Journal of Industrial Engineering*, 11(3): 261-272.
- Tsung.F, (2011), Advanced Statistical Quality Control and Monitoring. *Hong Kong University of Science and Technology* – Quality lab-Module A1.
- Volkswagen, Manual do processo de montagem do farolim – Autoeuropa.

[http://www.volkswagenag.com/content/vwcorp/content/en/the\\_group/production\\_plants.html](http://www.volkswagenag.com/content/vwcorp/content/en/the_group/production_plants.html), Março. 2012.

<http://www.juran.com/our-legacy/>, Abril. 2011.

<http://www.hella.com/hella-com-en/index.html>, Março. 2011.

[http://www.juran.com/HomeLeftNav/quality\\_planning.aspx](http://www.juran.com/HomeLeftNav/quality_planning.aspx), Abril. 2011.

<http://www.iso.org/iso>, Março. 2011.

<http://www1.ipq.pt/PT/Pages/Homepage.aspx>, Maio. 2011.

<http://tv1.rtp.pt/noticias/index.php?t=Museu-do-Caramulo-expoe-automoveis-fabricados-em-Portugal.rtp&headline=20&visual=9&tm=4&article=272442>, Março. 2011.

<http://www.aeportugal.pt>, Maio. 2011.

<http://qualidadeonline.wordpress.com/2010/09/17/a-trilogia-de-joseph-juran/>, Abril. 2011.

<http://www.administradores.com.br/informe-se/artigos/administrando-o-controle-da-qualidade-da-producao/53000/>, Maio. 2011.

[http://reocities.com/ResearchTriangle/campus/8915/hist\\_ql.html](http://reocities.com/ResearchTriangle/campus/8915/hist_ql.html), Março 2011.